

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA**



**BIORREGULADORES DE CRECIMIENTO, FERTILIZANTES QUÍMICOS Y  
ORGÁNICOS EN TOMATE (*Lycopersicon esculentum* MILL.) DE INVERNADERO**

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE MAESTRA EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN  
AGRÍCOLA**

**PRESENTA**

**ING. BLANCA ADRIANA GARCÍA LOZANO**

**Escobedo, Nuevo León**

**Junio del 2011**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA**



**BIORREGULADORES DE CRECIMIENTO, FERTILIZANTES QUÍMICOS Y  
ORGÁNICOS EN TOMATE (*Lycopersicon esculentum* MILL.) DE  
INVERNADERO**

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE MAESTRA EN CIENCIAS EN  
PRODUCCIÓN AGRÍCOLA**

**PRESENTA**

**ING. BLANCA ADRIANA GARCÍA LOZANO**

**Escobedo, Nuevo León**

**Junio del 2011**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA**



**BIORREGULADORES DE CRECIMIENTO, FERTILIZANTES QUÍMICOS Y  
ORGÁNICOS EN TOMATE (*Lycopersicon esculentum* MILL.) DE  
INVERNADERO**

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE MAESTRA EN CIENCIAS EN  
PRODUCCIÓN AGRÍCOLA**

**PRESENTA**

**ING. BLANCA ADRIANA GARCÍA LOZANO**

**Escobedo, Nuevo León**

**Junio del 2011**

**ESTA TESIS FUE REVISADA Y APROBADA POR EL COMITÉ PARTICULAR  
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE MAESTRA  
EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGRÍCOLA**

**COMITÉ SUPERVISOR DE TESIS:**

---

**Ph. D. Emilio Olivares Sáenz  
ASESOR PRINCIPAL**

---

**Ph. D. Rigoberto E. Vázquez Alvarado  
CO-ASESOR**

---

**Ph. D. Ciro G. S. Valdés Lozano  
CO-ASESOR**

---

**Ph.D. Francisco Zavala García  
Director de Posgrado de la FAUANL**

**Escobedo, Nuevo León**

**Junio del 2011**

**Dedicada a mi hija Alessandra:**

**Alessita...**

**Todavía eres muy pequeñita para comprender lo que quiero decirte, pero quiero que sepas, que desde el primer momento que te ví, supe que mi vida había cambiado, y que a partir de entonces todo lo que emprendiera en mi vida sería pensando en Ti y para Ti.**

**Quiero que sepas que eres el engrane que hace girar todo mi motor y eres tú la que le da sentido a mi vida y significado a todo lo que hago...**

**Te ama.**

**Tu Mami.**

## **Agradecimientos:**

**Mi primer agradecimiento es a ti ... DIOS**

**Ya que si Tú no me hubieses brindado todas las bendiciones que me diste, como: salud, energía, vitalidad, capacidad, valor, mucha paciencia, mucho apoyo por parte de mi familia, inmejorables maestros y sobre todo excelentes compañeros y amigos...**

**Mi recorrido hubiera sido muy cansado.**

**Por todo lo que me brindaste y porque siempre caminaste a mi lado.....**

**Mil gracias.**

**Adriana.**

**A mi Esposo...**

**Rafa:**

**Quiero darte las gracias por darme tu apoyo para iniciar y poder terminar con esta nueva etapa de mi vida profesional, por el apoyo que me brindaste al no dejar que me diera por vencida las veces que me sentí abrumada, por las veces que atendiste a nuestra hija y por creer en mí.**

**Gracias por estar ahí, para mí.**

**Tú Esposa... Adriana**

**A mis Papás...**

**Porque gracias a su apoyo y sus oraciones he logrado alcanzar todas las metas que alguna vez me propuse, porque me dejaron hacer lo que me gusta, y porque gracias a su ejemplo creó haberme convertido en una mujer de bien para mi hija, mi esposo, para mis hermanos Fernando y Verónica y para la gente que me rodea...**

**Quiero que sepan que siempre los llevo en mi corazón, aunque no se los diga muy a menudo y que espero que así como ustedes no han dejado de apoyarme cuando más los he necesitado aún y cuando ya soy una mujer adulta, me den la oportunidad de regresarles algo de lo mucho que ustedes me han brindado.**

**Su hija Blanca Adriana**

**A mi profesor y asesor de tesis el Doctor Emilio Olivares Sáenz.**

**Por todo el tiempo que dedicó a mi trabajo, por todo el conocimiento que gratuitamente me brindo y por todas las cosas nuevas que con usted aprendí las cuales ampliaron infinitamente mis conocimientos profesionales y formaron un nuevo criterio en mí.**

**Por todos los consejos, los regaños y las correcciones sin las cuales este trabajo no tendría el valor que ahora tiene ni el nivel necesario para ser presentado en un grado de maestría.**

**Mil gracias Doc...**

**Con el más sincero de los agradecimientos al:**

**CONSEJO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

**(CONACyT) por haber confiado en mí y haberme otorgado los beneficios de ser becario y poder estudiar un grado de maestría, ya que de otra forma no lo hubiera podido llevar a cabo.**

**Agradezco también a la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, mi Alma Mater, por todas las facilidades otorgadas para que pudiera llevar a cabo este nuevo proyecto de vida.**

**A todos los compañeros de posgrado que me ayudaron y guiaron a lo largo de estos dos años, en todos los movimientos y trámites que tuve que realizar cuando no sabía cómo hacerlos.**

**Y como siempre a los señores Don Arturo y Doña Tere por su amistad y cobijo, ya que me han brindado siempre su apoyo como a una hija más y a todos mis compañeros y amigos de posgrado de quienes he aprendido y me han enseñado muchas cosas.**

**Mil gracias..... porque todos ustedes, en algún momento me brindaron su ayuda.**

**“El futuro por el que ahora estoy trabajando.... Es el mío “**

**N. Tesla.**



## INDICE DEL CONTENIDO

TEMA	Página
ÍNDICE DE CONTENIDO	viii
ÍNDICE DE CUADROS	xi
ÍNDICE DE CUADROS EN EL APÉNDICE	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS	xv
RESUMEN	xvi
SUMMARY	xvii
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivos	4
1.2. Hipótesis	5
2 REVISIÓN DE LITERATURA	6
2.1 Generalidades del Cultivo de Tomate	6
2.1.1 Origen	6
2.1.2 Taxonomía y Características de la Planta	6
2.1.3 Requerimientos del Cultivo de Tomate	7
2.1.3.1 Temperatura	7
2.1.3.2 Humedad	8
2.1.3.3 Luminosidad	8
2.1.4 Suelo	9
2.2 Producción de Plántula	10
2.3 Antecedentes Sobre Fertilización	14
2.4 Antecedentes del Guano de Murciélago	16
2.5 Antecedentes de los Biorreguladores del Crecimiento	19
2.5.1 Clasificación de los Biorreguladores de Crecimiento	22
2.5.2 Principales funciones de los Biorreguladores del Crecimiento.	23
2.5.3 Particularidades de cada “fitorregulador de crecimiento”	24
2.5.3.1 Auxinas	24

2.5.3.2	Citocininas	27
2.5.3.3	Giberelinas	29
2.5.3.4	Ácido abscísico	30
2.5.3.5	Etileno	31
<b>3</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b>	<b>33</b>
3.1	Localidad	33
3.2	Experimento 1	34
3.2.1	Material utilizado en el Experimento 1	34
3.2.2	Diseño experimental y tratamientos	35
3.2.3	Tratamientos evaluados en el Experimento 1	36
3.2.4	Variables evaluadas en el Experimento 1	37
3.2.5	Programa de aplicaciones de los tratamientos	38
3.2.6	Cronograma de aplicaciones de los tratamientos	38
3.2.7	Conductividad eléctrica y pH de las soluciones utilizadas	39
3.3	Experimento 2	41
3.3.1	Diseño experimental y tratamientos	41
3.3.2	Tratamientos evaluados en el Experimento 2	42
3.3.3	Cronograma de aplicaciones de los tratamientos	45
3.3.4	Variables a evaluar en el Experimento 2	45
<b>4</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>46</b>
4.1	Resultados Experimento 1	46
4.2	Resultados Experimento 2	53
<b>5</b>	<b>DISCUSIÓN</b>	<b>56</b>
5.1	Discusión Experimento 1	56
5.2	Discusión Experimento 2	58

<b>6 CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES</b>	<b>61</b>
<b>6.1 Conclusiones Experimento 1</b>	<b>61</b>
<b>6.2 Conclusiones Experimento 2</b>	<b>61</b>
<b>7 LITERATURA CITADA</b>	<b>62</b>
<b>8 APÉNDICE</b>	<b>71</b>
<b>8.1 Experimento 1</b>	<b>72</b>
<b>8.2 Experimento 2</b>	<b>76</b>

## INDICE DE CUADROS

	Descripción	Página
Cuadro 1	Tratamientos utilizados en el Experimento 1	36
Cuadro 2	Diagnóstico de las soluciones en prueba	39
Cuadro 3	Ficha técnica de los productos utilizados en el Experimento 1	40
Cuadro 4	Tratamientos utilizados en el Experimento 2	42
Cuadro 5	Fichas técnicas de los reguladores de crecimiento utilizados en el Experimento 2	43
Cuadro 6	Productos químicos utilizados para la solución preventiva al momento del trasplante	44
Cuadro 7	Comparación visual de los tratamientos (1-7) en el Experimento 1. Producción de plántulas de tomate.	46
Cuadro 8	Comparación de medias de altura de plantas 1, altura de plantas 2, diámetro de plantas 1 y diámetro de plantas 2.	47
Cuadro 9	Comparación de medias de largo de foliolo, ancho de foliolo, largo de hojas y número de hojas.	48
Cuadro 10	Comparación de medias de peso fresco y seco de raíz y peso fresco y seco de hojas y tallo.	49
Cuadro 11	Correlaciones de las variables generadas con las 12 variables originales	50
Cuadro 12	Comparación de medias para las variables generadas con el análisis de componentes principales: desarrollo vegetativo y desarrollo radicular	52
Cuadro 13	Comparación de medias para número de frutos por planta, rendimiento promedio por planta, diámetro polar y ecuatorial de los frutos.	53

---

Cuadro 14	Correlación entre las variables estudiadas en el Experimento 2 y la variable generada mediante el análisis de componentes principales	54
Cuadro 15	Comparación de medias de la variable calidad y rendimiento generada por componentes principales	55

---

## INDICE DE CUADROS EN EL APÉNDICE

	Descripción	Página
Cuadro A1	Análisis de varianza para altura 1 en el Experimento 1	72
Cuadro A2	Análisis de varianza para altura 2 en el Experimento 1	72
Cuadro A3	Análisis de varianza para el diámetro de tallo 1 en el Experimento 1	72
Cuadro A4	Análisis de varianza para el diámetro de tallo 2 en el Experimento 1	72
Cuadro A5	Análisis de varianza para el largo de folíolo en el Experimento 1	72
Cuadro A6	Análisis de varianza para el ancho de folíolo en el Experimento 1	73
Cuadro A7	Análisis de varianza para el largo de la hoja en el Experimento 1	73
Cuadro A8	Análisis de varianza para el peso fresco de raíz en el Experimento 1	73
Cuadro A9	Análisis de varianza para el peso fresco de hojas y tallo en el Experimento 1	73
Cuadro A10	Análisis de varianza para el peso seco de raíz en el Experimento 1	73
Cuadro A11	Análisis de varianza para el peso seco de hojas y tallo en el Experimento 1	74
Cuadro A12	Análisis de varianza para el número de hojas en el Experimento 1	
Cuadro A13	Análisis de varianza para el desarrollo vegetativo (Componente 1) en el Experimento 1	74

Cuadro A14	Análisis de varianza para el desarrollo radicular (Componente 2) en el Experimento 1	74
Cuadro A15	Correlaciones entre las variables Altura 1 (A1), Altura 2 (A2), Diámetro 1 (D1), Diámetro 2 (D2), Largo del folíolo (LF), Ancho del folíolo (AF), Largo de la hoja (LA), Peso fresco de raíz (PFR), Peso fresco de hojas y tallo (PFH), Peso seco de raíz (PSR), Peso seco de hojas y tallo (PSH) y Número de hojas (NH) en el Experimento 2.	75
Cuadro A16	Análisis de varianza para el número de frutos por planta en el Experimento 2	76
Cuadro A17	Análisis de varianza del rendimiento promedio por planta en el Experimento 2	76
Cuadro A18	Análisis de varianza del diámetro polar de frutos en el Experimento 2	76
Cuadro A19	Análisis de varianza del diámetro ecuatorial de frutos en el Experimento 2	76
Cuadro A20	Análisis de varianza de la variable generada mediante componentes principales en el Experimento 2	77

## INDICE DE FIGURAS

	Descripción	Página
Figura 1	Principales grupos de fitohormonas o biorreguladores de crecimiento.	21



## RESUMEN

El proyecto de investigación a continuación descrito tuvo como objetivo principal el evaluar los efectos de diferentes fuentes de nutrición o fertilización tanto químicas como orgánicas en plántulas de tomate (*Lycopersicon esculentum*. Mill) y posteriormente en el período de producción bajo condiciones de invernadero. Los experimentos se realizaron en el Campo Experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León en el año 2007 y constó de dos fases, en el primer experimento de producción de plántula se probaron siete tratamientos entre los que se encuentran 2 fertilizantes orgánicos extraídos del guano de murciélago (Nutriguano y Guanofol), además dos productos con contenido hormonal (Hormovit y Rooting) y enraizadores químicos (Raizal 400), así como la combinación de los fertilizantes orgánicos con Raizal 400. Todos los productos se aplicaron en dosis de 5 ml L<sup>-1</sup> de agua utilizada en el riego de las charolas de propagación de 200 cavidades. En este experimento se obtuvieron plantas de mejor calidad cuando se utilizó el Nutriguano, seguido del Raizal 400 y su combinación. En un segundo experimento se evaluaron cuatro tratamientos (Rooting, Agromil, Nutriguano y Guanofol) en donde se obtuvieron mejores rendimientos y calidad de fruto con los fertilizantes Nutriguano y Agromil.

## SUMMARY

Plant mineral nutrition of tomato under greenhouse conditions is important to get high yields, therefore the main objective of this research was to evaluate the effects of different sources of nutrition, both chemical and organic fertilization, on seedlings of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) and later in the period of production under greenhouse conditions. The experiments were conducted in the campus of Agronomy School at Universidad Autonoma de Nuevo Leon, the first seedling production experiment tested seven treatments including two organic fertilizers from bat guano (Nutriguano and Guanofol), plus two products containing hormonal (Rooting and Hormovit) and rooted chemicals (Raizal 400), and the combination of organic fertilizers with Raizal 400. All products were applied in doses of 5 ml l<sup>-1</sup>. Results of this experiment showed that the best quality plants were obtained with Nutriguano, followed by Raizal 400 and their combination. In a second experiment, four treatments (Rooting, Agromil, Nutriguano and Guanofol) were evaluated for the production of tomato under greenhouse conditions. Results showed that the highest yields and fruit quality were obtained using Agromil and Nutriguano.

## **1. INTRODUCCIÓN**

La agricultura protegida se ha desarrollado tecnológicamente en las últimas décadas y está creciendo aceleradamente en la producción de hortalizas tanto a nivel nacional como internacional, debido a la extraordinaria tasa de eficiencia y una óptima utilización de los recursos de que dispone el sistema, además al alto grado de control que se puede ejercer sobre los diferentes aspectos técnicos. En este sistema de producción se puede hacer un uso eficiente del agua, se pueden manejar a conveniencia algunos factores climáticos, se tiene mejor control sobre plagas, enfermedades y malezas y se aplican agua y fertilizantes de una manera eficiente, lo que da como resultado altos rendimientos de los cultivos y un incremento considerable en la calidad (Benton, 2008).

El gran impacto económico demostrado por la agricultura protegida actualmente utilizada sobre el desarrollo económico de un país es muy importante; como ejemplo clásico se menciona el caso de Almería España, ciudad que a mediados del siglo pasado era una de las regiones más pobres del país y gracias a este sistema de producción se convirtió en una de las más ricas y prosperas. En México, este sistema de producción se ha adoptado en algunos estados con la finalidad de desarrollar zonas deprimidas económicamente (Olivares y Benavides, 2008); por otra parte, una gran cantidad de productores agrícolas está incursionando en la agricultura protegida con la finalidad de incrementar sus rendimientos e ingresos. Este cambio tecnológico en la producción ha ocasionado que en la actualidad, el territorio mexicano cuente con más de 12,000 hectáreas de superficie de invernaderos y casas sombra en operación, además de 2000 hectáreas más en construcción (Castellanos, 2010), donde se producen hortalizas de

gran consumo como tomate, pepino y pimiento, además de flores y plantas ornamentales (Rodríguez *et al.*, 2001). En el Estado de Nuevo León también se ha incrementado la superficie de invernaderos en los últimos años, contando actualmente con 72 has, dedicadas a la producción de tomate y una pequeña cantidad a la producción de pimiento (Castillo, 2010).

En México y en el mundo el cultivo que más se siembra en invernadero es el tomate, por lo que la tecnología desarrollada para la construcción y manejo climático de invernaderos está muy asociada con esta planta, así como la investigación y desarrollo de nuevas técnicas de producción. El éxito de la siembra de tomate en invernadero depende de una gran cantidad de factores, entre los que se encuentran la producción de plántulas, la nutrición del cultivo y sus interacciones con otros factores como el balance hormonal de la planta.

Una buena cosecha de tomate inicia con una buena producción de plántulas, lo que se puede lograr cubriendo los factores de inocuidad, clima y fertirrigación. La nutrición de la planta es fundamental, así como el uso de fitohormonas para inducir un fuerte desarrollo radicular. Por otra parte, también es importante utilizar productos orgánicos para complementar la nutrición. Tüzel *et al.* (2003), concluyeron en su investigación que los fertilizantes orgánicos pueden ser ampliamente recomendados y utilizados en los sistemas de producción intensiva. Márquez-Hernández *et al.* (2006) mencionaron el creciente interés por la utilización de fuentes orgánicas para abonar los suelos y cultivos, en un gran intento por regresar a los sistemas naturales de producción orgánica.

Considerando la importancia de la producción de plántulas con adecuados niveles de nutrimentos químicos y hormonales y la influencia de estos factores en la producción del cultivo, se plantearon los objetivos, que a continuación se describen y la hipótesis que se plantea al final del capítulo de revisión de literatura.

## **1.1 Objetivo general**

Evaluar el estímulo de bio-reguladores y fertilizantes tanto químicos como orgánicos sobre los principales aspectos del sistema de producción de plántula de tomate y del cultivo en invernadero.

### **1.1.1 Objetivos particulares**

#### **Experimento 1. Producción de plántula.**

Identificar y evaluar bio-reguladores de crecimiento vegetal, así como los fertilizantes químicos y orgánicos que produzcan un mejor desarrollo vegetativo y radicular para obtener plántulas sanas, vigorosas y en óptimas condiciones para asegurar el éxito del trasplante.

#### **Experimento 2. Producción de tomate.**

Identificar y evaluar bio-reguladores de crecimiento vegetal sobre los aspectos más importantes en este sistema de producción, los cuales son el rendimiento del cultivo y calidad de los frutos.

## **1.2 HIPÓTESIS**

- 1.- En la producción de plántulas de tomate de la variedad charleston, la aplicación fraccionada de productos comerciales que contienen reguladores de crecimiento solos o combinados con fertilizantes, permitirá obtener plántulas de mejor calidad en términos de características morfológicas de la plántula.
- 2.- Las aplicaciones de productos comerciales durante el desarrollo del cultivo que actúan como acondicionadores del suelo, fuente de nutrientes, biogenerador radicular y como fertilizante orgánico impactarán favorable y diferencialmente en las características enfocadas al rendimiento y calidad de los frutos

## **2. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1. Generalidades del cultivo de tomate**

#### **2.1.1. Origen**

El origen del género *Lycopersicon* se localiza en la región andina que se extiende desde el sur de Colombia al norte de Chile, pero fue en México donde se domesticó. Los Españoles y Portugueses difundieron el tomate en Oriente Medio y África, y de allí a otros países asiáticos, y de Europa también se difundió a Estados Unidos y Canadá. Se trata de un fruto de la familia de las Solanáceas que comprende unas 2300 especies de plantas americanas productoras de alcaloides. Son pocas las solanáceas comestibles, entre ellas el tomate, el pimiento, la berenjena y la patata, de gran relevancia en la alimentación humana (Cáceres, 1984).

#### **2.1.2. Taxonomía y características de la planta**

El tomate pertenece al género *Solanum* de la familia *Solanaceae*, al igual que la papa (*Solanum tuberosum* L.) y la berenjena (*Solanum melongena* L.). La especie de tomate se ha clasificado como *Lycopersicon esculentum* Mill., sin embargo en los últimos años se sugiere el cambio a *Solanum lycopersicum* (Benton, 2008; Asamizu y Ezura, 2009).



Es una planta de tipo arbustivo que se cultiva como anual, que puede desarrollarse de forma rastrera, semirrecta o erecta, con variedades de crecimiento limitado (determinadas) y otras de crecimiento ilimitado (indeterminadas), el sistema radicular consta de una raíz principal corta y débil (pivotante) y raíces secundarias o adventicias muy numerosas y potentes, el tallo principal es un eje con un grosor que oscila entre los 2 y 4 cm en su base, en el que se van desarrollando las hojas, tallos secundarios e inflorescencias. Las hojas son compuestas de foliolos peciolados, lobulados y de borde dentado, generalmente en número de 7 a 9 y recubiertas de pelos glandulares. Las hojas se distribuyen de forma alternada sobre el tallo. La flor es perfecta, regular e hipógina y consta de 5 o más sépalos y de igual número de pétalos de color amarillo. El fruto es una baya, bi o plurilocular que puede alcanzar un peso que oscila entre unos pocos mg hasta unos 600 gr por pieza y está constituida por el pericarpio, el tejido placentario y las semillas (Castilla-Prados, 2001)

### **2.1.3. Requerimientos del cultivo de tomate**

#### **2.1.3.1. Temperatura**

La temperatura óptima de desarrollo oscila entre 21 y 29.5 °C durante el día y entre 18.5 y 21 °C durante la noche; temperaturas superiores a los 35 °C afectan la fructificación por mal desarrollo de óvulos, el desarrollo de la planta, en general, y del sistema radicular, en particular, además el color de la fruta se ve afectado. Temperaturas inferiores a 10 °C retardan la germinación de la semilla, inhibe el desarrollo vegetativo, reduce el amarre de frutos e impide una maduración adecuada de los frutos. (Benton,

2008; Samaniego-Cruz *et al.*, 2002). La maduración del fruto está muy influida por la temperatura en lo referente a la precocidad y coloración, no obstante, se deben tener en cuenta las interacciones de la temperatura con el resto de los parámetros climáticos ya que esta afectará la actividad metabólica celular, la absorción de agua y nutrientes, el intercambio gaseoso, la producción y gasto de carbohidratos y reguladores del crecimiento, entre otros (Tognoni, 2000).

#### **2.1.3.2. Humedad**

La humedad relativa óptima oscila entre 60% y 80%; humedades relativas muy elevadas favorecen el desarrollo de enfermedades del follaje y el agrietamiento del fruto y dificultan la fecundación, debido a que el polen se compacta, abortando parte de las flores. El rajado del fruto igualmente puede tener su origen en un exceso de humedad del suelo o riego abundante tras un período de estrés hídrico. También una humedad relativamente baja dificulta la fijación del polen al estigma de la flor, mientras que una humedad relativa alta causará enfermedades fungosas en el cultivo (Benton, 2008).

#### **2.1.3.3. Luminosidad**

Valores reducidos de luminosidad pueden incidir de forma negativa sobre los procesos de la floración y fecundación, así como el desarrollo vegetativo de la planta, en los momentos críticos, durante el período vegetativo, resulta crucial la interrelación existente entre la temperatura diurna y nocturna y la luminosidad. Las plantas son organismos que carecen de movilidad, por lo que desarrollan una serie de adaptaciones

en el tamaño, composición y eficiencia de los sistemas de captura de radiación que compensan las variaciones en la disponibilidad de energía solar (Geiger y Servaites, 1994). La adaptación se consigue por la acción conjunta de diferentes foto receptores como clorofilas, carotenoides y fitocromos, con los cuales la planta percibe las características de la radiación como duración, intensidad, dirección y calidad espectral (Smith, 1995).

#### **2.1.4 Suelo**

La planta de tomate no es muy exigente en cuanto a suelos, excepto en lo que se refiere a drenaje ya que prefiere suelos sueltos, de textura silícea o arcillosa similares a los suelos neoleoneses (específicamente el área donde se llevó a cabo este trabajo de investigación) y ricos en materia orgánica, se desarrolla perfectamente en suelos arcillosos enarenados.

En cuanto al pH, los suelos pueden ser desde ligeramente ácidos hasta ligeramente alcalinos. El tomate es la especie cultivada en invernadero que mejor tolera las condiciones de salinidad, tanto del suelo como del agua de riego (Castilla-Prados, 2001).

## 2.2. Producción de plántula

Para el establecimiento de un cultivo se deben producir plántulas de buena calidad en almácigos provistos de tecnología que permitan tener plántula en tiempo y condiciones requeridas para lograr la sobrevivencia al trasplante. La producción de plántulas en charolas de propagación, es el método más apropiado de obtener plántulas sanas, vigorosas, uniformes y con un sistema radicular muy bien desarrollado, además de que este sistema de producción permite establecer controles ambientales, de fertilización y sanidad muy eficientes o bien, se puede optar por adquirir plántulas con productores que se dediquen a dicha actividad y que garanticen el vigor y sanidad de la planta (León-Gallegos, 2006).

La producción de plántulas de tomate en recipientes para trasplante se ha incrementado en los últimos años debido a las grandes ventajas que representa este sistema de producción con respecto a la producción de plántula a raíz desnuda, ya que se requiere planta sana con muy buen desarrollo tanto foliar como radicular ya que este es el punto más importante a la hora de producir plántulas de tomate, ya que un volumen de masa radicular bien desarrollado dará como resultado una planta con mayor área de absorción de agua y nutrientes y con una gran capacidad de adaptación al momento del trasplante en el invernadero (Tijera-Ramírez, 2005).

Los sustratos más comunes para la producción de plántulas en semilleros son: a) de origen orgánico: turba y fibra de coco y b) de origen inorgánico: lana de roca, perlita

y vermiculita (Cremades-Martínez, 2005). Olivares *et al.*, (2009) recomiendan utilizar turba (peat moss) de la mezcla comercial Sunshine No. 2 para la producción de plántulas en el proyecto invernaderos de la UANL. Urbina-Sánchez *et al.* (2006) evaluaron tezontle y zeolita cargada con cationes como sustratos para la producción de plántulas de tomate y encontraron que los mejores sustratos fueron la zeolita y tezontle de granulometría fina y media, cargados con K.

Según Balaguera-López *et al.*, (2009), se pueden obtener plántulas con mayor vigor y uniformidad al trasplante cuando se les proporciona un pre-tratamiento de imbibición con ácido giberélico (900 ppm), además encontraron que este tratamiento tuvo efectos positivos en la producción de campo.

Según Piñón y Casanova (2002) el control cultural de las especies hortícolas está basado en prácticas que puedan retrasar la llegada de alguna enfermedad a la planta o demorar el desarrollo en ésta y reducir la tensión, a fin de superar el período crítico del trasplante y lograr resultados productivos aceptables. Esto es particularmente importante para la etapa de semillero, ya que la producción de tomate, tanto en cantidad como en calidad, se ve seriamente afectada si alguna enfermedad llega durante las primeras siete semanas; moderadamente afectada, si ello ocurre entre la octava y novena y apenas levemente afectada si se logra que sufra un ataque después de la décima semana. Además aseguran que esta resistencia se ve reducida o incrementada dependiendo del tipo de sistema de manejo agronómico que se le brinde al semillero ya que esto se comprobó al evaluar tres sistemas diferentes de fertilización en raíz desnuda al brindarle un manejo agroecológico (fertilización orgánica, control biológico y empleo de otros cultivos como barreras), uno de transición (uso parcial de barreras, 50% de fertilización

orgánica y 50% de fertilizantes sintéticos) y uno convencional (plaguicidas, fertilizantes sintéticos y sin barreras de plantas).

Esto evidenció que la fertilización orgánica compensó a la utilización de fertilizantes sintéticos en el sistema agroecológico, la cantidad de plantas enfermas fue ocho veces menor y la incidencia (porcentaje de plántulas con síntomas) y severidad de virosis fue dos veces menor que los valores observados en el semillero manejado convencionalmente.

Urrestarazu (2004) recomienda destinar un área especial e independiente para la producción de las plántulas en el que se disponga de suficiente agua de buena calidad (con un pH de entre 5.5 y 6.5 preferentemente) y sea posible establecer adecuados controles de sanidad, de temperatura (entre 21 y 24 °C), de humedad relativa (entre 60 y 70 %), de ventilación y sobre todo de luminosidad.

Sin embargo el factor más importante a la hora de producir plántulas es el control de la fertilización ya que generalmente se utilizan sustratos inertes que no aportan ningún nutriente a las plántulas, por ello se requiere de un programa de aplicación de fertilizantes que se inicia a partir del 10° día después de la siembra, es decir, al momento de la aparición de las primeras hojas verdaderas y en el caso de plántulas se requiere de un programa especial de fertilizantes en cuanto a las dosis, ya que son tejidos muy tiernos que responden rápidamente a su estimulación y el exceso reducirá su calidad.

León-Gallegos (2006), recomienda el siguiente programa de fertilización: en el caso del nitrógeno (N) se debe aplicar a razón de 50 a 100 ppm, con un pH de 5.7 y una C.E. de 2.5 dS/m hasta incrementar la concentración a 350 ppm. En el caso del fósforo (P) se recomienda utilizar una dosis muy baja ya que en altas concentraciones estimula el alargamiento excesivo de las plántulas. En el caso del Potasio (K) se debe mantener a concentraciones de 50 a 100 ppm. Una fertilización conveniente sería utilizar la formulación 20-20-20 a razón de 50 gm por 100 L de agua que aportarían 100 ppm de N, 43 ppm de P y 83 ppm de K, esto con una C.E. de 0.40 dS/m.

Magdaleno-Villar *et al.*, (2006) evaluaron diferentes soluciones nutritivas para la producción de tomate de cáscara, en donde concluyeron que la solución de Steiner al 50% fue la que produjo las mejores características fenológicas de plántulas, así como concentraciones adecuadas de nutrimentos. Para regiones en donde es difícil conseguir los fertilizantes para la formulación de la solución Steiner, recomendaron el fertilizante 18-18-18 (N,  $P_2O_5$ ,  $K_2O$ ) en dosis de  $1\text{ g L}^{-1}$ . Resultados similares fueron encontrados por Enríquez del Valle *et al.*, (2000), quienes evaluaron diferentes soluciones nutritivas para la producción de plántulas de tomate. Los resultados indicaron que la solución con una presión osmótica intermedia (-0.036 MPa) obtuvo plántulas de mayor altura, de mayor contenido total de azúcares solubles y acumulación de materia seca. Villegas-Torres *et al.*, (2005) también evaluaron diferentes soluciones nutritivas para la producción de plántulas de tomate con potenciales osmóticos en el rango de -0.072 a 0.112 y con diferentes niveles de calcio; los resultados mostraron que no hubo diferencia significativa entre las concentraciones de la solución, sin embargo, el nivel alto de calcio

(60%) resultó con mayores producciones de materia seca de raíz, comparado con los niveles de 45% y 30%.

Casas-Castro (2005) recomienda la solución nutritiva de Steiner para la fertilización de plántulas en el semillero variando la conductividad eléctrica de la solución a medida que va desarrollando la plántula. La solución inicial con  $1.5 \text{ dSm}^{-1}$  es la siguiente en  $\text{mmolL}^{-1}$ :  $\text{NO}_3$ : 8.8,  $\text{H}_2\text{PO}_4$ : 0.73,  $\text{SO}_4$ : 2.56, K: 5.13, Ca: 3.3 y Mg: 1.47.

Camacho-Ferre (2010) recomienda la siguiente solución nutritiva para plántulas de solanáceas ( $\text{mmolL}^{-1}$ ):  $\text{NO}_3$ : 5-6,  $\text{H}_2\text{PO}_4$ : 4-5,  $\text{SO}_4$ : 1-2, K: 6, Ca: 3-5 y Mg: 1-2. Esta solución difiere considerablemente en los niveles de  $\text{H}_2\text{PO}_4$  comparada con la solución propuesta por Casas (2005).

### 2.3. Antecedentes sobre fertilización

Antes de que los fertilizantes químicos fueran utilizados, la tierra y los animales trabajaban en conjunto para mejorar la fertilidad del suelo. A través de la descomposición de proteínas puras naturales tales como las de los estiércoles, huesos, sangre, pescado o plumas, o sea, las diversas formas de materiales procedentes de plantas y animales vivos o muertos, el suelo recibía esta *materia orgánica*, identificada como “*La Piedra angular de la fertilidad de los suelos*” y los nutrientes necesarios para elevar su nivel de fertilidad, pero con el crecimiento de la población, llega la necesidad de fertilizar en forma sintética y aunque en el mercado se ofrecen fertilizantes orgánicos, las ventas de los fertilizantes de origen químico superan con creces la de los fertilizantes naturales debido a la rápida tasa de disponibilidad, característica principal de estos fertilizantes (Weaver, 1974).



Los fertilizantes orgánicos e inorgánicos o químicos, poseen tanto ventajas como desventajas, las ventajas de los fertilizantes inorgánicos o químicos es que poseen una rápida tasa de asimilación de nutrientes, ya que se encuentran en concentraciones mucho mayores y específicas que los fertilizantes orgánicos pero sus desventajas son que contribuyen a reducir la materia orgánica contenida en el suelo y el abuso en su utilización tiende a contaminar los mantos acuíferos de la zona. Por otro lado, los fertilizantes orgánicos tienen como principal desventaja la baja tasa de asimilación, ya que llevan a cabo todo un proceso para llegar a manifestar sus efectos, pero la ventaja es que tiene menos efectos secundarios en el caso de excederse en su uso y contienen una mayor cantidad de macro y micro elementos, lo que proporciona mayor cantidad de nutrientes a los cultivos. Además de mantener los nutrientes del suelo también retienen una mayor cantidad de humedad tan necesaria para el desarrollo adecuado de las plantas. Es así que los fertilizantes orgánicos reconstituyen los niveles de materia orgánica del suelo y con esto se incrementa la capacidad para retención de nutrientes minerales que se le aplican, mejorando su textura y estructura y la capacidad de retención de agua a diferencia de los fertilizantes inorgánicos que solo aportan los nutrientes que se necesitan para solucionar el problema inmediatamente (Villa *et al.*, 2005).

Los fertilizantes inorgánicos se utilizan cuando se cuenta con suelos en condiciones de baja fertilidad y que necesitan una rápida solución para no perder el cultivo que se está realizando. La utilización de fertilizantes orgánicos brinda grandes beneficios a los suelos, además su utilización no provoca los daños de los fertilizantes inorgánicos cuando las aplicaciones son excesivas y sin los procedimientos adecuados.

Si se necesita una rápida acción, la selección más propicia es la de los fertilizantes inorgánicos, que suministran las dosis justas de cada elemento que se necesite (P, N y K). Si se cuenta con el tiempo necesario, la utilización de los fertilizantes orgánicos es una mejor opción (Weyers y Paterson, 2001).

Cuando diferentes factores inciden en los suelos dejándolos carentes de nutrientes, se debe tener la cultura de aplicar algún fertilizante para revertir esta situación y ya que el cultivo del tomate extrae alrededor de 3 kg de nitrógeno por tonelada de tomates producida, se necesitan no menos de 360 kg de nitrógeno orgánico si se esperan rendimientos de  $120 \text{ t h}^{-1}$  (Rojas, 2003). Para disponer de altas cantidades de N procedente de la descomposición del material orgánico es necesario aplicar altas cantidades de este material para lograr los requerimientos de un cultivo de tomate en invernadero, por lo que es difícil la fertilización completa con materiales orgánicos en cuanto al N se refiere (Castellanos y Reyes, 1982).

#### **2.4. Antecedentes del guano de murciélago**

El *guano* es un producto totalmente natural procedente de los excrementos de las aves y murciélagos, y aunque no todos tienen el mismo valor para su empleo en el abonado de plantas, su empleo como fertilizante se ve motivado por el deseo de realizar un cultivo que sea 100% ecológico consiguiendo de esta manera que el rastro de los componentes que se encuentran en el fertilizante sean prácticamente indetectables en las plantas ya que los materiales de que está compuesto son: amoníaco, ácido úrico, fosfórico, oxálico, y ácidos carbónicos, sales e impurezas de la tierra, tiene una proporción aproximada de 2%N - 15%P - 2%K además de otros componentes como 0.2% S, 15 % Ca/Mg, 15 mg/kg Cu, 20 mg/kg Zn y 100 mg/kg Cl, dentro de las

principales funciones que realiza es acelerar la floración, la maduración y la estructura de las raíces, aumenta la resistencia contra ataques de bacterias y por su lenta liberación evita problemas de excesos que suelen ser comunes cuando se hacen aplicaciones desmedidas de fertilizante que pueden causar daños irreparables (Keleher,1996).

El guano de murciélago está siendo utilizado en algunos países en donde existen depósitos importantes de este material y se ha demostrado que tiene propiedades que inducen un crecimiento y desarrollo sobresaliente de los cultivos. El guano es rico en minerales esenciales para las plantas y además contienen microorganismos que ayudan a controlar las enfermedades del suelo y los nematodos perjudiciales.

El ciclo del guano de murciélago comienza cuando las plantas son consumidas por los insectos, que a su vez son atrapados por los murciélagos, los cuales depositan sus heces en el suelo, luego los microorganismos del suelo convierten las heces en uno de los más perfectos fertilizantes que se conozcan.

El guano de murciélago tiene diferentes ventajas cuando se aplica, entre las que se han citado se encuentran los siguientes:

- 1- Como fertilizante
- 2- Constructor de suelos: mejora la textura y riqueza
- 3- Tratamiento para césped: promueve el desarrollo y le da color saludable.
- 4- Limpiador de suelo: sus microbios ayudan a limpiar residuos tóxicos.
- 5- Fungicida: combate los hongos en tratamientos foliares.
- 6- Nematicida: microbios desintegradores ayudan a controlar los nematodos.

- 7- Activador de compost, debido a microorganismos promotores de procesos de composta.

El guano de murciélago ha demostrado ser efectivo en diferentes cultivos, como se consignó en las investigaciones que en los párrafos posteriores se describen.

Zavaleta-Beckler *et al.*, (2001) estudiaron el efecto de la fertilización orgánica con guano de murciélago sobre la producción de frutos de xoconostle en *Opuntia xoconostle* y *O. matudae*, en parcelas divididas con dos tratamientos (fertilización orgánica y testigo) la dosis de fertilización orgánica fue de 500 g de guano de murciélago por planta, en una sola aplicación a los 16 meses de establecida la plantación. Los resultados mostraron que las parcelas fertilizadas iniciaron la producción a los 38 meses de plantadas, un año antes que las parcelas no fertilizadas. A los 50 meses, se dio un segundo ciclo de producción en las parcelas fertilizadas e iniciaron su primer ciclo las no fertilizadas. El tamaño, peso y producción de frutos, siempre fue mayor en el tratamiento con guano que en el testigo. Además las plantas fertilizadas tuvieron una mayor respuesta en producción y tamaño de frutos a la fertilización orgánica y a las condiciones ambientales, y a 59 meses de establecida la plantación, los resultados permitieron afirmar que niveles mínimos de fertilizante orgánico (con alta concentración de nitrógeno) dan lugar a rendimientos elevados.

El guano de murciélago también es ampliamente utilizado en Cuba en donde se encuentran yacimientos importantes de este material, por lo que aparte del consumo nacional, tienen capacidad de exportación. En este país, Paz-Despaigne (2005) realizó un estudio en donde evaluó el guano de murciélago comparado con estiércol bovino,

fertilizante químico y un testigo en cebolla, en donde encontró mayores rendimientos en el tratamiento de guano de murciélago, comparado con la fertilización química y el testigo.

En otro trabajo en Cuba dirigido por Castillo-Martínez *et al.* (2006) estudiaron diferentes sustratos para la producción de plantas de eucalipto, encontrando que los sustratos que contenían guano de murciélago resultaron sobresalientes en cuanto a diferentes características fenotípicas de la planta.

## **2.5. Antecedentes de los bio-reguladores del crecimiento**

La *biorregulación* es el proceso mediante el cual se puede manipular algún evento fisiológico en las plantas, alentando a que este se sobre exprese o bien se inhiba, por lo tanto, los compuestos biorreguladores son aquellos que en su formulación contienen moléculas protagónicas para la expresión o bien inhibición de un cierto proceso y se denominan fitohormonas.

Dentro del grupo de las hormonas, se encuentra el grupo de las hormonas vegetales o fitohormonas las cuales regulan las diferentes actividades y funciones de las plantas como son su crecimiento y desarrollo o como mediadores químicos de fenómenos involucrados con la recepción de luz en los vegetales y cabe mencionar que cada una de ellas tiene funciones bien establecidas, por lo que la presencia o ausencia de alguna de ellas determinará los procesos fisiológicos que sucederán en la planta, como por ejemplo: el proceso de germinación, su crecimiento, la formación de flores y

frutos, la formación y ramificación de raíces, el amarre de las flores, la maduración y llenado de los frutos (Checa, 1996). Carreiras-Albo (1998) estudió la influencia sobre la precocidad en la producción obtenida en tomate de la variedad "Bruno" cultivado en invernadero sin calefacción, en respuesta a la utilización de la técnica del repicado en semillero y la aplicación, sobre los dos primeros racimos, de una fitohormona para mejorar el llenado de los frutos. Se consiguieron aumentos máximos de producción, casi exclusivos del primer racimo, en los años 1996 y 1997, de 0,35 y 0,23 kg m<sup>2</sup> por la aplicación del fitorregulador y con el repicado en el semillero se consiguió aumentar la precocidad y el rendimiento en 0,15 y 0,05 kg m<sup>2</sup> frente al control en los años mencionados, respectivamente; tanto el repicado como la aplicación de fitohormona provocaron un aumento de las producciones en los calibres 67-82 y menos de 47 mm en los dos racimos.

Cabe mencionar que la regulación y expresión de cada evento fisiológico que ocurre en las plantas, están en función de la cantidad y tipo de fitohormona presente, o sea que el balance hormonal debe darse en el lugar y momento indicado.

Por lo tanto, cada proceso fisiológico que se lleva a cabo dentro de una planta, es regulado mediante fitohormonas en un arreglo relativamente específico y según el balance de éstas en dicho proceso actuarán a favor o en contra del mismo, por lo que su uso y aplicación en el momento y sitio adecuados puede asegurar el éxito o fracaso de todo el sistema de producción (Azcon-Bieto, 2000).

Las fitohormonas también se ven involucradas en otros procesos fisiológicos de los vegetales como: la asimilación de nutrientes y son parte esencial en el proceso de

desarrollo del sistema radicular y vegetativo de una planta, ya que mientras algunas de ellas se encargan de la multiplicación celular, otras tienen por objetivo estimular el crecimiento longitudinal de estas células, es decir, de hacerlas crecer en tamaño para lograr que la planta tenga más tejidos.

Checa (1996) menciona que dentro de las hormonas vegetales o fitohormonas, existen 5 grupos que son los de mayor importancia por los efectos que ejercen en la regulación del crecimiento y desarrollo de las plantas y vegetales superiores en general y estos son:

- ⊕ Grupo de las Auxinas de Indol
- ⊕ Grupo de las Citocininas
- ⊕ Grupo de las Giberelinas
- ⊕ Grupo del Etileno
- ⊕ Grupo del Ácido Abscísico

Dentro de cada grupo de hormonas, pueden existir varios compuestos y aún entre ellos se pueden encontrar diferencias debidas a su configuración química o al grado de *bioactividad* que generan en los tejidos de las plantas, a esto se le denomina: **octanaje**, que no es más que la capacidad que posee un biorregulador para ejercer sus funciones en las plantas, esto quiere decir, que entre más octanaje tenga la hormona de algún biorregulador, sus efectos serán más específicos y consistentes que los biorreguladores de bajo octanaje (Díaz-Montenegro, 2007).

### 2.5.1. Clasificación de los biorreguladores de crecimiento

El potencial productivo de un cultivo lo da en principio sus características genéticas combinadas con el ambiente, sin embargo, la parte genética solo almacena la información de los procesos que son capaces de llevarse a cabo en los vegetales y son otros compuestos los que “ejecutan” la orden. Las hormonas son uno de estos compuestos y poseen ciertas características distintivas que las definen (ver figura 1), estas son las siguientes: son sustancias que se producen en cualquier tejido de la planta, generalmente a concentraciones muy bajas y de forma intermitente, y pueden o no trabajar en el lugar de síntesis o ser transportadas a otra parte de la planta por diferentes medios y actúan regulando y coordinando todas las actividades fisiológicas que en ella suceden (Viljee, 1988; Azcon-Bieto, 2000 y Srivastava, 2001) y se clasifican de la siguiente forma:

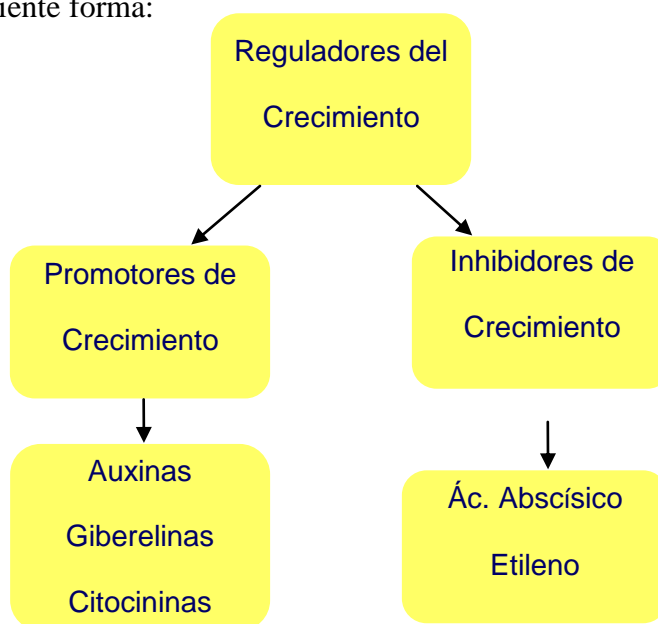


Figura 1.- Principales grupos de Fitohormonas o Biorreguladores de crecimiento. (Azcon-Bieto, 2000)



### **2.5.2. Principales funciones de los biorreguladores del crecimiento.**

Villee (1988) y Salisbury y Ross (1992) mencionan que de forma conjugada las funciones más importantes que realizan éstas hormonas vegetales son:

1. Estimulan el crecimiento longitudinal las células de la parte en desarrollo
2. Inician la formación de nuevas raíces, principalmente raíces adventicias.
3. Inician el desarrollo de flores y frutos.
4. Estimulan la división celular en el cambium vascular.
5. Inhiben el desarrollo de brotes laterales.
6. Inhiben la formación de regiones de corte, impidiendo la caída de hojas y frutos.

### 2.5.3. Particularidades de cada “fitorregulador de crecimiento”

#### 2.5.3.1. Auxinas

El nombre de auxina significa “crecer” y fue dado a un grupo de compuestos que estimulan la elongación celular y su forma más predominante es el Ácido Indolacético (AIA).

#### Forma de acción

Banghert y Grubber (2000) explican la forma en que las auxinas hacen crecer a las plantas, y esta es mediante el aumento del volumen de las células estimulado por la absorción de agua por la misma planta y poseen una gran variedad de usos prácticos muy importantes para la agronomía, ya que son de enorme importancia económica, como el estimular el crecimiento de raíces (Schiefeldbein y Benfey, 1991). Dąbski y Parzymies (2004), evaluaron el efecto de tres diferentes auxinas: Ácido Indol-Acético (AIA), Ácido Indol-Butírico (AIB) y del Ácido Náftil-Acético (ANA) y tres diferentes dosis: 1.0, 2.5 y 5.0 mg·dm<sup>-3</sup> en la producción de raíz en *Hebe buchananii* y *Hebe canterburiensis* (hook) cultivadas *in vitro*, utilizando el medio MS (Murashige and Skoog) como medio de cultivo. Las auxinas mostraron un efecto positivo en el desarrollo del área radicular, arrojando este experimento que el IBA fue la auxina que dio un mayor número de raíces además de dar mayor longitud también al ser complementado con IAA en las concentraciones de 2.5 y 5.0 mg·dm<sup>-3</sup> por el contrario al

agregar ANA al medio solo se logró que se formaran callos más no hubo desarrollo de raíces.

Las auxinas también son importantes porque pueden producir frutos sin polinización (Woodward y Bartel, 2005) y por lo tanto sin semilla (frutos partenocárpico), Kim *et al.*, (1992) demostraron el papel que desempeña el AIA endógeno al trabajar en cultivares de F1 provenientes de pepino (partenocárpico) y khira (no partenocárpica), la aparición de frutos partenocárpico está estrechamente ligada a la acumulación de AIA en el ovario de los frutos, ya que la aplicación de una auxina transporta también algunos inhibidores al ovario. Además las auxinas tienen también la función de acelerar la maduración del fruto y prevenir su caída antes de la cosecha, controlan también la iniciación de la radícula y raíces adventicias (Peres y Kerbahuy, 2000), la retención de flores y frutos, la transición de flor a fruto, la juventud del follaje y los tropismos (Kojima, 2004).

#### **Grupos más importantes de auxinas (Villego, 1988)**

- ✓ Acido Indol-acético (AIA)
- ✓ Acido Naftil-acético (ANA)
- ✓ Acido Indol-butírico (AIB)
- ✓ 2,4-D (generalmente utilizado como herbicida)
- ✓ 2,4,5-T

## **Función principal**

Está implicada en numerosos procesos fisiológicos de las plantas, además de promover el crecimiento, la diferenciación y elongación celular y por consiguiente el crecimiento longitudinal de los tejidos de la planta, así como el crecimiento y maduración de frutos, la floración, la senectud y el geotropismo. Es también la responsable del movimiento que se conoce como fototropismo, que no es más que la formación de la curvatura de la planta hacia la luz y está se produce cuando la auxina por foto-sensibilidad se distribuye en la parte que recibe luz y viaja al lado oscuro de la planta y provoca que las células de esa zona crezcan y se elonguen más que las correspondientes en la zona que recibe luz (Azcon-Bieto, 2000). Otra de sus características es que retardan la caída de hojas, flores y frutos jóvenes con dominancia apical.

### 2.5.3.2. Citocininas

No solamente las auxinas son las únicas fitohormonas necesarias para el crecimiento de las plantas, ya que éstas requieren también de otro tipo de fitohormonas que lleven a cabo la multiplicación de sus células, las cuales fueron adquiridas genéticamente y es esta precisamente la función principal de estas fitohormonas (Banghert y Grubber, 2000)

#### Funciones principales

Jankiewicz (2003) explica las principales funciones que desempeñan las citocininas dentro de las plantas como son, estimular la división celular y su crecimiento, inhibir el desarrollo de raíces laterales, romper la latencia de las yemas axilares, promover la organogénesis en los callos celulares, retrasar la senescencia o envejecimiento de los órganos vegetales, promover la expansión celular en cotiledones y hojas, promover el desarrollo de los cloroplastos, estimular la germinación en las semillas, estimular la formación de frutos sin semillas, romper el letargo de las semillas, inducir la formación de brotes, mejorar la floración, alterar el crecimiento de frutos y romper la dominancia apical.

Del Pino *et al.*, (2001) evaluaron nueve formulaciones hormonales, combinando citocininas y auxinas a razón de: 1:50 (T1), 1:75 (T2), 2:50 (T3), 2:75 (T4), 4:50 (T5), 4:75 (T6), 0:50 (T7), 0:75 (T8), así como 50 ppm de auxina con 1 ppm de un fitorregulador complejo tratando de caracterizar la respuesta en Limón Persa, bajo la hipótesis de que pueden ser un indicador de la calidad del fruto y que esta se

incrementaría con la aplicación hormonal. La mejor combinación resultó ser 2 ppm de citocininas y 50 ppm de auxinas, ya que a pesar de no mejorar el contenido de jugo, si elevó el porcentaje de frutos calibre 200, principal indicador de calidad para exportación.

### 2.5.3.3. Giberelinas

El ácido giberélico (GA3 o A3) fue la primera de esta clase de hormonas en ser descubierta y es un compuesto natural que actúa como regulador endógeno del crecimiento y desarrollo de los vegetales superiores, y se le denominó así a partir de que fue aislado del hongo *Gibberella fujikuroi*, el cuál producía crecimiento excesivo de tallos y brotes en la planta de arroz (Rojas-Garcidueñas y Ramírez, 1991).

Los estudios a partir de aplicaciones exógenas a las plantas, han demostrado que las giberelinas son los reguladores esenciales del desarrollo de los vegetales, son por tanto, fitohormonas nativas de las plantas que afectan, regulan y modulan un amplio abanico de respuestas del crecimiento (Rademacher, 2000). Ramos-Rivera *et al.*, (2010) encontraron incrementos en el rendimiento de tomate hasta de 19.6% con la aplicación de 40 ppm de ácido giberélico asperjado al follaje en la etapa de 20 a 30 % de floración.

#### **Funciones principales**

Las principales funciones que desempeñan dentro de las plantas son: incrementan el crecimiento en los tallos y el período de latencia de las semillas haciéndolas germinar facilitando el movimiento de los azúcares; inducen la brotación de yemas, promueven el desarrollo de los frutos y estimulan la síntesis de RNA mensajero (Thimann, 1938).

#### **2.5.3.4. Ácido abscísico**

Hay algunas hormonas vegetales que más que estimular el crecimiento y el desarrollo de las plantas, causan su inhibición (Bohner y Bangerth, 1988). Se ha observado que durante la temporada de invierno algunas especies dejan caer sus hojas y que, aunque el invierno no sea tan crudo, la planta suelta todo su follaje, debido a la escasez de agua. Esto es debido al ácido abscísico, una hormona cuya característica principal es la de inhibir o retrasar el crecimiento de los tejidos vegetales sin afectar su salud, por lo tanto es también llamada “La hormona del letargo” (Guarente *et al.*, 1997) y dada su característica de “Frenador del crecimiento” es muy utilizado por los floristas para producir flores de tallos cortos o por agricultores para producir arbustos en vez de plantas grandes, lo cual deberá incrementar la producción de frutos (Díaz, 2002).

Conocido anteriormente como “Dormina o Abscisina” es un inhibidor natural del crecimiento celular y la fotosíntesis, por lo que ha sido propuesto como regulador de respuestas fisiológicas tan diversas como el letargo, abscisión de hojas y frutos y del estrés hídrico, teniendo en consecuencia efectos muy contrarios a los de las hormonas del crecimiento (auxinas, giberelinas y citocininas).

#### **Funciones principales**

Las principales funciones que desempeña el ácido abscísico dentro de las plantas es promover la latencia de las yemas y semillas, inhibe la división celular, causa el cierre de los estomas en la hoja y es un antagónico de las giberelinas al inhibir el crecimiento.



### 2.5.3.5. Etileno

Desde hace muchísimos años se conoce que las frutas excesivamente maduras producen una sustancia que acelera la maduración de las frutas vecinas. A este factor de crecimiento y maduración se le conoce como: *etileno* el cuál es un hidrocarburo insaturado, componente vegetal natural y que actúa como una hormona vegetal aunque es muy diferente del resto de ellas y que es producido por las frutas maduras (Villeg, 1988).

Es muy utilizado en el mercado de las frutas ya que muchas de ellas se cosechan verdes para facilitar el transporte al lugar de venta y es ahí donde son tratadas para lograr una presentación adecuada.

Al ventilar las bodegas donde se almacenan las frutas verdes se evita la maduración prematura de las mismas, por lo tanto se prolonga la vida de almacén, esto se logra al suprimir el etileno con bióxido de carbono ya que este contrarresta su efecto.

Se sabe que el etileno provoca en una planta respuestas tales como el geotropismo y la abscisión y sus efectos varían según la especie y la sección donde se encuentre, además de ser producido por todas las partes vivas de la planta, la tasa de producción varía según el órgano y tejido específico que se estudie, aunado al estado de crecimiento y desarrollo (Bleeker y Kende, 2000).

## **Funciones principales**

Checa (1996), afirma que las principales funciones que desempeña el etileno dentro de las plantas son promover la maduración de los frutos y la senescencia (o envejecimiento) de los tejidos y además de ser el responsable de la caída de las hojas, también promueve el geotropismo en las raíces.

### **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 Localidad**

Los experimentos se llevaron a cabo en las instalaciones del Invernadero Coreano del Campo Experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, en el municipio de Marín, con una ubicación geográfica de Latitud de 25°25'27" N, Longitud de 100°03'19" W y una altitud de 350 msnm el cual consta con una dimensión de 1000 m<sup>2</sup> y una capacidad para 2,500 plantas de tomate.

El tipo de suelo en esta área es un suelo tipo Xerosol, cálcico lúvico de textura arcillosa con una vegetación tipo matorral espinoso predominantemente, su precipitación media anual es aproximadamente de entre 350 y 450 mm, siendo los meses de Mayo-Junio y Agosto-Septiembre los de mayor precipitación y la temperatura media anual se registra en los 24.7 °C, presentándose las más altas en los meses de Junio a Agosto por lo que se puede inferir que posee un clima seco-cálido (INEGI, 1988).

Para cubrir los objetivos e hipótesis planteadas se desarrollaron dos experimentos: en el Experimento 1 se estudió el desarrollo de plántulas de tomate con 7 tratamientos con diferente contenido de nutrimentos, componentes hormonales y orgánicos. En el Experimento 2 se estudiaron cuatro tratamientos también con componentes de nutrición, hormonales y orgánicos.

## **3.2 Experimento 1.**

### **3.2.1 Material utilizado en el Experimento 1**

El material biológico utilizado fue semilla de tomate de la variedad Charlesthón de la compañía Roger, la cual es una planta de crecimiento indeterminado; el fruto es globoso, extra firme, pericarpio grueso y multilocular. En el Proyecto Invernaderos de la UANL se identificó en el año 2004 como una variedad sobresaliente (Marta-Vicente, 2005) y se recomendó a los productores, para el año 2010 esta variedad es la que comúnmente se siembra bajo condiciones de invernadero en el Estado de N. L.

En el Experimento 1 se utilizó todo el equipo necesario para producción de plántula como charolas de propagación (7) de 200 cavidades, aspersoras manuales, peat moss (turba), así como mesas porta-charolas, también se utilizaron fungicidas e insecticidas.

El experimento se estableció en 7 charolas de propagación de 200 cavidades, cada charola se dividió en dos secciones de 100 plántulas cada una. A una de las secciones con 100 plántulas se le aplicó el tratamiento y la segunda sección fue el testigo, así se realizó con cada charola para los 7 tratamientos.

### 3.2.2 Diseño Experimental y Tratamientos

El diseño experimental mediante el cual se desarrolló el experimento fue completamente al azar con 10 repeticiones, donde la unidad experimental estuvo representada por 10 plantas de tomate y cuyo modelo estadístico fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij} \quad i = 1, 2, \dots, t ; j = 1, 2, \dots, n_i$$

Donde:

$Y_{ij}$  = es la observación del tratamiento  $i$  en la repetición  $j$

$\mu$  = es el efecto verdadero de la media general

$\tau_i$  = es el efecto del  $i$  – ésimo tratamiento

$\varepsilon_{ij}$  = es el error experimental

### 3.2.3 Tratamientos evaluados en el Experimento 1

Los tratamientos que se evaluaron en el Experimento 1 se describen en el Cuadro 1, en donde se menciona el nombre común del producto y la dosis a la cual se preparó la solución. La descripción de los ingredientes de cada producto se presenta en las fichas técnicas en el Cuadro 3. La solución de cada tratamiento se aplicó durante el desarrollo de la fase de plántula a razón de 0.5 l por 100 plántulas de cada charola.

Cuadro 1. Tratamientos utilizados en el Experimento 1.

Trata	Nombre Común	Descripción	Dosis
<b>T1</b>	Hormovit	Solución hormonal	5 ml l <sup>-1</sup>
<b>T2</b>	Rooting	Enraizador	5 ml l <sup>-1</sup>
<b>T3</b>	Guanofol	Fertilizante orgánico	5 ml l <sup>-1</sup>
<b>T4</b>	Nutriguano	Fertilizante orgánico	5 ml l <sup>-1</sup>
<b>T5</b>	Guanofol+ Raizal	Fertilizante orgánico Enraizador	5 ml l <sup>-1</sup> 2.5 g l <sup>-1</sup>
<b>T6</b>	Nutriguano + Raizal	Fertilizante orgánico Enraizador	5 ml l <sup>-1</sup> 2.5 g l <sup>-1</sup>
<b>T7</b>	Raizal (Testigo)	Enraizador	2.5 g l <sup>-1</sup>

### 3.2.4 Variables evaluadas en el Experimento 1

Para la comparación de los tratamientos se tomaron medidas de la parte aérea de la planta y de la raíz. Las variables estudiadas fueron las siguientes:

⊕ Largo del tallo al último punto de crecimiento	(A1)
⊕ Largo del tallo hasta la última hoja	(A2)
⊕ Diámetro del tallo a 1 cm de la base	(D1)
⊕ Diámetro del tallo a mitad de la planta	(D2)
⊕ Largo de folíolos de la hoja media	( L )
⊕ Ancho de folíolos de la hoja media	( A )
⊕ Clasificación de daño en hojas	(CD)
⊕ Número de hojas	(#H)
⊕ Peso fresco de hojas	(PFF)
⊕ Peso fresco de raíz	(PFR)
⊕ Peso seco de hojas	(PSF)
⊕ Peso seco de raíz	(PSR)

Los datos obtenidos de los experimentos fueron analizados en el paquete estadístico SPSS versión 12 y las medias comparadas mediante la prueba de Tukey.

### **3.2.5 Programa de aplicaciones de los tratamientos**

1ª aplicación: Se llevó a cabo 7 días después de la emergencia de las plántulas.

2ª, 3ª y 4ª aplicación: Se llevaron a cabo con un intervalo de 3 días cada una.

### **3.2.6 Cronograma de aplicaciones de los tratamientos:**

Los tratamientos se disolvieron en agua y se aplicaron a las plántulas hasta que se observara goteo de agua en la parte inferior de la charola.

La fecha de establecimiento del proyecto de plántula fue el 21 de Agosto de 2007 y los tratamientos fueron aplicados como se describe a continuación:

1ª. Aplicación: 11 de Septiembre

2ª. Aplicación: 14 de Septiembre

3ª. Aplicación: 17 de Septiembre

4ª. Aplicación: 20 de Septiembre

Todas las aplicaciones se realizaron a las 9:00 de la mañana.



### 3.2.7 Conductividad eléctrica (C.E.) y pH de las soluciones utilizadas

Al momento de preparar las soluciones que se utilizaron en el experimento 1 como tratamientos, se les realizó un diagnóstico en cuanto a Conductividad Eléctrica (C.E.) y Potencial de Hidrogeno o Acidez (pH), para determinar el estado de cada solución y se encontraron los resultados que se presentan en el Cuadro 2.

Cuadro 2 Diagnóstico de las soluciones en prueba.

<b>Trata</b>	<b>Descripción</b>	<b>CE</b>	<b>pH</b>
<b>T1</b>	Hormovit	5.42	7.50
<b>T2</b>	Rooting	3.02	5.91
<b>T3</b>	Guanofol	0.95	7.49
<b>T4</b>	Nutriguano	6.80	6.50
<b>T5</b>	Guanofol+ Raizal	2.78	6.22
<b>T6</b>	Nutriguano + Raizal	8.63	5.99
<b>T7</b>	Raizal	2.73	5.94

El Cuadro 2 muestra que el Nutriguano tiene una alta conductividad eléctrica comparada con la del Guanofol, el cual tiene su origen también en el guano de murciélago, por lo que se evidencia que el Nutriguano está enriquecido con nitrógeno, fosforo y potasio, para dar una concentración de (10-7-5), como porcentajes de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O, respectivamente.

Cuadro 3 Ficha técnica de los productos utilizados en el Experimento 1.

PRODUCTO	DESCRIPCIÓN	INGREDIENTES
HORMOVIT	Solución hormonal nutritiva, activadora del desarrollo radicular y vegetativo.	N.....5.50 % K.....0.00 % P.... .n..4.00 % 80% de extracto de origen vegetal que contiene citocininas, giberelinas y auxinas
ROOTING	Biogenerador radicular	Auxinas..... 530 ppm Vitaminas.. ..500 ppm Citocininas.....45 ppm Fósforo... 15000 ppm
GUANOFOL	Fertilizante orgánico.	Mat. Org. 6500 ppm Ac. Humicos 3600 ppm N 2600 ppm Mn .89 ppm S 330ppm P 8300 ppm Fe 119 ppm Bo 3.15 ppm K 1700 ppm Zn 16.8 ppm Ca 4269 ppm Mg 163 ppm Cu 78.5 ppm
NUTRIGUANO	Fertilizante orgánico.	E. Primarios: N, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , K <sub>2</sub> O (10-7-5) E. Secund: Ca, Mg,S Micro Nut: Fe,Cu,Zn,Mn,Bo Ác. Húmicos, Ac. Cítrico, Ác. Fúlvicos, Ac. Acético, Carboxilios y Ac. Málico
RAIZAL 400	Fertilizante arrancador para plántulas y trasplantes.	N total 9.00% P disp. 45.00% K 11.00% Fitohormonas 400 ppm Mg 0.60% S 0.80%

### 3.3 Experimento 2

El experimento 2 se llevó a cabo, en un invernadero coreano del Campo Experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, Campus Marín, este invernadero consta de 1000 m<sup>2</sup> de superficie y una capacidad para 2,500 plantas para producción de tomate.

#### 3.3.1 Diseño experimental y tratamientos

El diseño experimental mediante el cual se desarrolló el experimento fue completamente al azar con 10 repeticiones, donde la unidad experimental estuvo representada por 10 plantas de tomate y cuyo modelo estadístico fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij} \quad i = 1, 2, \dots, t ; j = 1, 2, \dots, n_i$$

Donde:

$Y_{ij}$  = es la observación del tratamiento  $i$  en la repetición  $j$

$\mu$  = es el efecto verdadero de la media general

$\tau_i$  = es el efecto del  $i$  –ésimo tratamiento

$\varepsilon_{ij}$  = es el error experimental

### 3.3.2 Tratamientos utilizados en el Experimento 2

Los tratamientos estudiados en el Experimento 2 se describen en el Cuadro 4.

Cuadro 4 Tratamientos utilizados en el Experimento 2

Trata	Nombre Comercial	Descripción	Dosis
T1	Rooting	Biogenerador radicular	5 ml l <sup>-1</sup>
T2	Agromil	Biogenerador Radicular	2 ml l <sup>-1</sup>
T3	Guanofol	Fertilizante Orgánico	5 ml l <sup>-1</sup>
T4	Nutriguano	Fertilizante Orgánico	5 ml l <sup>-1</sup>

Cuadro 5 Ficha técnica de los reguladores utilizados en el Experimento 2.

PRODUCTO	DESCRIPCIÓN	INGREDIENTES
T1 Rooting	Acondicionador de suelos y fuente de nutrientes	Potasio ( $K_2O$ ) 3.0% Calcio ( $CaO$ ) 5.0% Azufre (S) 4.0% Boro (B) 0.5% Magnesio ( $MgO$ ) 1.5% Zinc (Zn) 0.8% Hierro (Fe) 0.8% Silicio ( $SiO_2$ ) 70%
T2 Agromil	Biogenerador radicular	Auxinas..... 530 ppm Vitaminas.. .500 ppm Citocininas... 45 ppm Fósforo ...15000 ppm
T3 Guanofol	Fertilizante orgánico	Mat. Org. 6500 ppm Ac. Húmicos 3600 ppm N 2600 Mn .89 Az 330 P 8300 Fe 119 Bo 3.15 K1700 Zn 16.80 Ca 4269 Mg 1630 Cu 78.50
T4 Nutriguano	Fertilizante orgánico	E. Primarios $N, P_2O_5, K_2O$ (10-7-5) E. secund. Ca, Mg, Az Micronutrientes Fe, Cu, Zn, Mn, Bo Ác. Húmicos Ác. Cítrico Ác. Fúlvicos Ác. Acético Carboxilios Ác. Málico

El trasplante se llevó a cabo el 5 de octubre del 2007 en dos camas de 48.2 m de largo a doble hilera con una distancia entre hileras de 50 cm, 50 cm entre plantas y 1.80 m entre camas de centro a centro. Momentos antes del trasplante las plantas se embebieron en una solución preventiva como pre – tratamiento para evitar ataques de plagas y enfermedades. Las soluciones fueron preparadas con los productos y dosis que se presentan en el Cuadro 6. Los tratamientos fueron aplicados utilizando una mochila aspersora dirigiendo la aspersión a la base del tallo de cada planta en dosis de 0.5 l por planta.

Cuadro 6 Productos químicos utilizados para la solución preventiva al momento del trasplante.

Productos	Descripción	Ingrediente activo		Dosis
Manager	Insecticida sistémico	Imidaclopid	%	0.8 ml l <sup>-1</sup>
Previcur	Fungicida sistémico	Propamocarb	64%	1.5 ml l <sup>-1</sup>
Derosal	Fungicida sistémico	Carbendazima	50%	0.5 ml l <sup>-1</sup>
Rotex	Acaricida-Fungicida	Dimetoato	40%	1.0 ml l <sup>-1</sup>

### 3.3.3 Cronograma de aplicaciones de los tratamientos fue el siguiente:

1. Aplicación: 20 Noviembre 2007
2. Aplicación: 20 Diciembre 2007
3. Aplicación: 09 Enero 2008
4. Aplicación: 19 Enero 2008
5. Aplicación: 10 Febrero 2008
6. Aplicación: 28 Febrero 2008
7. Aplicación: 04 Marzo 2008
8. Aplicación: 20 Marzo 2008

### 3.3.4 Variables a evaluar en el Experimento 2.

Las variables que se estudiaron en el experimento 2 fueron las siguientes:

- ⊕ **Rendimiento por tratamiento (RT)**
- ⊕ **Diámetro ecuatorial de los frutos (DE)**
- ⊕ **Diámetro polar de los frutos (DP)**
- ⊕ **Número de frutos (NF)**

Los datos obtenidos de los experimentos fueron analizados en el paquete estadístico SPSS versión 12 y las medias comparadas mediante la prueba de Tukey.

## 4.- RESULTADOS

### 4.1 Experimento 1.

En cada una de las charolas de 200 cavidades se sembró un tratamiento en 100 cavidades y el testigo (Raizal 400) en las otras 100 cavidades por lo que se podía comparar fácilmente el desarrollo de las plantas en los tratamientos y el testigo; aunque esta no es una comparación científica válida, se consignan sus resultados como anexo a las mediciones cuantitativas que se realizaron en el experimento. La comparación visual se realizó considerando su desarrollo vegetativo, tomando únicamente en cuenta la altura de plántulas y desarrollo de hojas. Los resultados de la comparación visual mostraron que los tratamientos con mejor desarrollo vegetativo fueron el Nutriguano, el Guanofol + Raizal y el Nutriguano + Raizal (Cuadro 7).

Cuadro 7 Cuadro de comparación visual de los tratamientos (1-7) para la producción de plántula de tomate.

TRATAMIENTO	TRATA	T7 RAIZAL (TESTIGO)
Hormovit	-	+
Rooting	-	+
Guanofol	-	+
Nutriguano	+	-
Guano + Raizal	+	-
Nutriguano+Raizal	+	-

Donde: (+) Mayor desarrollo vegetativo, (-) Menor desarrollo vegetativo



En el experimento 1 se realizaron dos medidas de altura de plantas, una de la base a la última hoja (Altura 1) y la otra de la base incluyendo la hoja (Altura 2). También se realizaron dos medidas del diámetro de los tallos: a 2 cm de la base (Diámetro 1) y a la mitad de la planta (Diámetro 2). Los resultados de los análisis estadísticos mostraron diferencias significativas en las cuatro variables antes mencionadas: Altura 1, Altura 2, Diámetro 1, Diámetro 2 (Cuadros A1, A2, A3 y A4 del apéndice, respectivamente). Los análisis de comparación de medias mostraron que los tratamientos Nutriguano y Nutriguano + Raizal, sobresalieron en tres de las cuatro variables estudiadas (Cuadro 8).

Cuadro 8. Comparación de medias de Altura de plantas 1, Altura de plantas 2, Diámetro de plantas 1 y Diámetro de plantas 2.

Tratamiento	Altura 1 -cm-	Altura 2 -cm-	Diámetro 1 -cm-	Diámetro 2 -cm-
Hormovit	13.4 de	22.5 cd	.320 bc	.250 cde
Rooting	10.9 e	19.6 ab	.370 ab	.250 cde
Guanofol	11.5 e	20.1 de	.300 c	.230 e
Nutriguano	20.7 a	31.4 a	.380 a	.330 b
Guanofol+Raizal	14.5 cd	25.0 c	.300 c	.290 bcd
Nutriguano+Raizal	16.7 bc	28.9 ab	.390 a	.400 a
Raizal	17.4 b	28.6 b	.340 abc	.300 bc

En el Experimento 1 también se estudió el largo y ancho del folíolo, así como longitud de la hoja y el número de hojas. Los resultados de los análisis de varianza mostraron diferencias significativas en estas cuatro variables (Cuadros A5, A6, A7 y A8 del apéndice, respectivamente).

En estas cuatro variables que representan el desarrollo foliar, también sobresalieron los tratamientos Nutriguano y Nutriguano + Raizal, los cuales fueron superiores a los otros tratamientos (Cuadro 9).

Cuadro 9 Comparación de medias de Largo de foliolo, Ancho de foliolo, Largo de hojas y Número de hojas.

Tratamiento	Largo foliolo -cm-	Ancho foliolo -cm-	Largo hoja -cm-	Número Hojas
Hormovit	2.72 cd	1.23 bc	9.50 cde	3.70 c
Rooting	2.28 de	1.00 bcd	8.18 e	3.70 c
Guanofol	2.29 de	.920 e	8.08 e	4.10 bc
Nutriguano	3.54 ab	1.63 a	11.18 ab	4.80 a
Guanofol+Raizal	2.82 cd	1.16 bcd	9.65 cd	3.90 bc
Nutriguano+Raizal	3.79 a	1.59 a	11.97 a	4.90 a
Raizal	2.92 bc	1.28 b	10.42 bc	4.51 ab

En el Experimento 1 también se analizaron variables de peso de raíz y parte aérea de la planta (tallos y hojas), las variables estudiadas fueron: peso fresco y peso seco de raíz, así como peso fresco y peso seco de tallos y hojas. Los análisis de varianza mostraron diferencias significativas para las cuatro variables (Cuadros A9, A10, A11 y A12 del apéndice). El análisis de comparación de medias para el peso fresco de raíz mostró que los tratamientos Guanofol + Raizal y Nutriguano + Raizal tuvieron los mayores pesos, seguidos del Nutriguano. En cuanto al peso seco de raíz, también se observaron los mayores pesos en los tratamientos antes señalados. En cuanto al peso fresco de hojas y tallo, el tratamiento Nutriguano + Raizal obtuvo el mayor peso. El peso seco de hojas y tallos fue mayor en los tratamientos Nutriguano y Guanofol (Cuadro 10).

Cuadro 10. Comparación de medias de peso fresco y seco de raíz y peso fresco y seco de hojas y tallo.

Tratamiento	Peso fresco raíz -gr-	Peso fresco foliar -gr-	Peso seco raíz -gr-	Peso seco foliar -gr-
Hormovit	1.35 b	1.35 cd	.430 b	.110 e
Rooting	1.26 b	1.26 d	.400 b	.180 de
Guanofol	1.44 b	1.28 d	.400 b	.480 ab
Nutriguano	1.47 b	2.90 b	.510 a	.600 a
Guanofol+Raizal	1.55 ab	1.89 c	.500 a	.270 cd
Nutriguano+Raizal	1.86 a	3.89 a	.520 a	.340 c
Raizal	1.28 b	1.29 d	.263 c	.380 bc

Las variables estudiadas en el Experimento 1 mostraron altos niveles de correlación entre ellas, como se observa en el Cuadro A 15 del apéndice, por lo que se utilizó un análisis de componentes principales para resumir la información y tratar de explicar mejor la varianza total de las variables, además comparar los tratamientos en cuanto a las nuevas variables generadas.

El análisis de componentes principales generó dos nuevas variables con valores de raíces características mayores a uno. Las correlaciones de las variables originales con las variables generadas se presentan en el Cuadro 11.

Cuadro 11 Correlaciones de las variables generadas con las 12 variables originales.

	COMPONENTES	
	1	2
ALTURA 1	.809	-.347
ALTURA 2	.871	-.317
DIAMETRO 1	.530	.008
DIAMETRO 2	.792	.130
LARGO FOLIOLO	.831	.099
ANCHO FOLIOLO	.781	.041
LARGO DE HOJA	.829	-.056
PESO FRESCO RAIZ	.387	.671
PESO FRESCO HOJA	.712	.587
PESO SECO RAIZ	.140	.807
PESO SECO HOJAS	.490	-.354
# DE HOJAS	.709	-.334

La información generada con el análisis de componentes principales manifiesta que el componente 1 está altamente correlacionado con las variables altura 1 y 2, diámetro 1 y 2, largo y ancho de folíolo, largo de la hoja, peso fresco y peso seco de la hoja y número de hojas, por lo que a esta nueva variable se le puede asignar el nombre de “Desarrollo vegetativo” y el segundo componente arrojado fue asignado con el nombre de “Desarrollo radicular” ya que este presentó altas correlaciones con las variables peso fresco y peso seco de raíz, (Ver cuadro 12).

Para comparar los tratamientos en cuanto a las variables generadas con los componentes principales se realizaron análisis de varianza. Para el caso de la variable de “Desarrollo vegetativo” se encontró diferencia significativa en el análisis de varianza (Cuadro A13). En el análisis de comparación de medias los tratamientos que generaron un mayor desarrollo vegetativo fueron Nutriguano y Nutriguano + Raizal.

El análisis de varianza para la variable “Desarrollo radicular” también mostró diferencias significativas entre los tratamientos. En el análisis de comparación de medias se encontró que el tratamiento Nutriguano + Raizal fue el que mostró el mayor desarrollo radicular.

Cuadro 12 Comparación de medias para las variables generadas con el análisis de componentes principales: “Desarrollo vegetativo” y “Desarrollo radicular”

TRATAMIENTO	DESARROLLO VEGETATIVO	DESARROLLO RADICULAR
Hormovit	-.599 cd	.454 bc
Rooting	-1.281 e	.547 bc
Guanofol	-.943 de	.079 c
Nutriguano	1.451 a	.092 c
Guanofol+Raizal	-.167 bc	.802 b
Nutriguano+Raizal	1.601 a	1.520 a
Raizal	.273 b	-1.096 d

## 4.2 RESULTADOS.

### Experimento2.

En el Experimento 2 se evaluaron cuatro variables: número de frutos por planta, rendimiento promedio por planta, diámetro polar y diámetro ecuatorial de los frutos. Los análisis de varianza mostraron diferencias significativas en las cuatro variables (Cuadros A16, A17, A18 Y A19, respectivamente). La comparación de medias para el número de frutos mostró que los tratamientos de Agromil, Guanofol y Nutriguano resultaron con el mayor número de frutos. En cuanto al rendimiento por planta y los diámetros polar y ecuatorial, los tratamientos de Agromil y Nutriguano mostraron las mayores medias (Cuadro 13).

Cuadro 13 Comparación de medias para Número de frutos por planta, Rendimiento promedio por planta, Diámetro polar y Ecuatorial de los frutos.

Tratamiento	No. de Frutos	Rendimiento por Planta	Diámetro Polar	Diámetro Ecuatorial
Rooting	25.750 b	4.465 b	4.020 b	4.950 b
Agromil	29.800 ab	5.495 a	4.707 a	5.844 a
Guanofol	27.950 ab	4.742 b	4.029 b	4.986 b
Nutriguano	30. 750 a	5.924 a	4.559 a	5.684 a

Las variables evaluadas en este Experimento, también se analizaron por componentes principales para reducir la información. El análisis explicó en un 70.7% la varianza de los datos que generaron solamente una nueva variable. Los coeficientes de

correlación de las variables originales y el nuevo componente se presentan en el Cuadro 14, en donde se observa que las cuatro variables están altamente correlacionadas con la nueva variable, con la cual se realizó un análisis de varianza para comparar los tratamientos (Cuadro A 19), el cual resultó con diferencias altamente significativas entre los tratamientos.

El análisis de comparación de medias para la variable generada mediante componentes principales mostró que los tratamientos Agromil y Nutriguano resultaron iguales y superiores a los tratamientos Rooting y Guanofol (Cuadro 15).

Cuadro 14 Correlación entre las variables estudiadas en el experimento 2 y la variable generada mediante el análisis de componentes principales.

Variable	Componente
No. de frutos	.810
Rendimiento	.772
Diámetro polar	.885
Diámetro ecuatorial	.890



Cuadro 15 Comparación de medias de la variable calidad y rendimiento generada por componentes principales.

Tratamiento	Componente
Rooting	-.635 b
Agromil	.540 a
Guanofol	-.438 b
Nutriguano	.533 a

## 5. DISCUSIÓN

### 5.1 Discusión Experimento 1.

Las variables de desarrollo vegetativo, así como el análisis de componentes principales mostraron que en los tratamientos en donde se utilizó el Nutriguano (T5 y T7), se obtuvieron los mejores resultados. El Nutriguano es un fertilizante orgánico procedente del guano de murciélago acondicionado para tener niveles de 10-7-5 de N,  $P_2O_5$  y  $K_2O$ , el cuál es rico en N, contenido de materia orgánica y elementos tanto primarios (P y K) como secundarios (Ca, Mg y S) además de microelementos (Fe, Cu, Zn, Mn y Bo) altamente disponibles para las plántulas, por lo que estos niveles balanceados de nutrimentos tuvieron efectos positivos en el desarrollo y acumulación de materia seca de las plántulas. Estos resultados están en línea con las recomendaciones de Castilla-Prados (2001) quién sugiere que después de 15 días de emergidas las plántulas se fertilice con niveles de N,  $P_2O_5$  y  $K_2O$  en proporciones 1:1:1. Magdaleno-Villar *et al.*, (2006) también recomiendan proporciones de 18:18:18 de los compuestos antes señalados en dosis de  $1 \text{ g L}^{-1}$ . En general, se recomienda que la solución no contenga niveles altos de N para no promover un exagerado desarrollo vegetativo desfasado del desarrollo radicular, ya que una de las grandes ventajas que representa este sistema de producción en charolas con respecto a la producción de plántula a raíz desnuda, es que se obtenga planta sana con muy buen desarrollo tanto foliar como radicular (Tijeras-Ramírez, 2005). El desarrollo radicular es importante a la hora de producir plántulas de tomate, ya que un buen desarrollo radicular le proporciona a la planta una gran capacidad de adaptación y sufre menos condiciones de estrés, ya que

estas podrán extenderse superficialmente con mayor rapidez, al igual que tener una parte aérea poco desarrollada lo que restringiría el suministro normal de los fotoasimilados hasta la raíz (Chamarro-Lapuerta, 2001).

El efecto del guano de murciélago ha sido evaluado en otros cultivos como xoconostle, cebolla y plántulas de eucalipto, en donde se encontró que los tratamientos que contenían este fertilizante orgánico superaron a los tratamientos de otros fertilizantes orgánicos y químicos (Zavaleta-Beckler *et al.*, 2001; Paz-Despaigne, 2005; Castillo-Martínez *et al.*, 2006).

## 5.2 Discusión Experimento 2.

De los cuatro tratamientos evaluados en el experimento 2, otra vez el Nutriguano figuró como uno de los dos mejores tratamientos también sobresalió el tratamiento de Agromil, comparados con los tratamientos Rooting y Guanofol. El Nutriguano es un fertilizante orgánico procedente del guano de murciélago que ha sido efectivo en la producción de algunos cultivos, ente ellos las hortalizas. Es un producto totalmente natural procedente de los excrementos de las aves y murciélagos, y aunque no todos tienen el mismo valor para su empleo en el abonado de plantas, su empleo como fertilizante se ve motivado por el deseo de realizar un cultivo que sea 100% ecológico. Dentro de las principales funciones que realiza es acelerar la floración, la maduración y la estructura de las raíces, aumenta la resistencia contra ataques de bacterias y por su lenta liberación evita problemas de excesos que suelen ser comunes cuando se hacen aplicaciones desmedidas de fertilizante que pueden causar daños irreparables. Los resultados obtenidos en este trabajo coinciden con los encontrados por Zavaleta-Beckler *et al.* (2001), Paz (2005) y Castillo *et al.*, (2006), quienes encontraron rendimientos sobresalientes con la aplicación de guano de murciélago en los cultivos de xoconostle, cebolla y plantas de eucalipto, respectivamente. En la literatura revisada no se encontraron referencias sobre la aplicación de guano de murciélago en tomate.

Por otra parte, el Agromil, que aunque no es un fertilizante orgánico como el Nutriguano, también resultó sobresaliente en este experimento. Este producto definido

como Biogenerador radicular el cual produce plantas de excelente calidad con gran capacidad de absorción de nutrientes y agua, lo que se traduce en la producción de frutos de muy buena calidad y peso, tal como lo enuncian Pérez-Barraza *et al.*, (2009) al demostrar el incremento en el peso individual de frutos a más del doble y en el crecimiento longitudinal por fruto de hasta un 59% en la producción de mango “Ataulfo” al aplicar diferentes dosis de Agromil como biorregulador de crecimiento, además de mejorar el amarre de frutos hasta en un 5% contra el testigo. Rodríguez (2002) demostró que la aplicación de Agromil en la producción de chile habanero en dosis de  $282 \text{ mg L}^{-1}$  incrementó tanto el rendimiento como el tamaño y uniformidad de los frutos, de igual forma Zepeda *et al.* (2006) estudiaron diferentes formulaciones de citoquininas en las primeras etapas de crecimiento de los brotes de dos variedades de uva de mesa (*Vitis vinifera*) por sus efectos sobre desarrollo de la inflorescencia, es decir, estructura de ovarios y tamaño de la flor donde las uvas sin semillas fueron tratadas con los biorreguladores comerciales Agromil y Biozyme, a razón de 80 y 40  $\text{mg l}^{-1}$ , respectivamente o de  $2 \text{ ml l}^{-1}$  cuando los brotes tenían 2 a 4 hojas y se repitieron 10 días después, disparándose entre 15 a 20 cm de largo. Sin embargo el largo de los racimos en floración no resultó afectado por ninguno de los tratamientos biorreguladores.

Ramírez-Luna *et al.*, (2005) afirman que el efecto de los productos utilizados sobre el rendimiento de fruto de chile ‘Habanero’, se debe a su composición de reguladores de crecimiento a base de auxinas, giberelinas y citocininas, así como al alto contenido de macro y micronutrientes, lo cual estimula la división y alargamiento celular, así como un mejor estado nutricional de la planta, lo cual es traducido en un

fruto con mayores dimensiones y mayor peso, contribuyendo por lo tanto al aumento en la producción.

## **6. CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES**

### **Experimento 1**

Los tratamientos Nutriguano y Nutriguano + Raizal, tuvieron los mejores resultados en el experimento por lo tanto, se puede concluir que en la producción de plántula de tomate para trasplante en invernadero se pueden utilizar estos productos para obtener plántulas vigorosas con buen crecimiento radicular.

Los tratamientos Raizal y Guanofol + Raizal siguieron en orden de importancia en los tratamientos evaluados, por lo que también son recomendables en la producción de plántula.

### **Experimento 2**

Los tratamientos con los mejores resultados en cuanto a rendimiento fueron Nutriguano y Agromil, los cuales tuvieron rendimientos hasta de 1.5 kg por planta superiores a los otros tratamientos. Por lo anterior se recomienda el uso de estos productos en la producción de tomate en invernadero.

## 7. LITERATURA CITADA

- Asamizu, E. and H. Ezura. 2009. Inclusion of tomato in the genus *Solanum* as “*Solanum lycopersicum*” is evident from phylogenetic studies. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 78(1):3-5.
- Azcon-Bieto, J. 2000. *Fundamentos de Fisiología Vegetal. Introducción a las hormonas vegetales.* España. Mc. Graw - Hill. pp. 298-374
- Balaguera-López, H. E. Deaquiz Y. A. y Álvarez H. J. G. 2009. Plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) provenientes de semillas embebidas en diferentes soluciones de giberelinas ( $GA_3$ ). *Agronomía Colombiana.* 27 (1): 57-64.
- Banghart, F. C. L. and J. Grubber. 2000. Mutual interaction between auxin and cytokinin in regulating correlative inhibition. *Plant Growth Regulation* 32:205-217.
- Benton, J. J. 2008. *Tomato plant culture: In the field, greenhouse and home Garden* 2<sup>nd</sup> Edition CRC press Taylor and Francis Group.
- Bleckeeer, A. and H. Kende. 2000. Ethylene: a gaseous signal molecule in plants. *Annual Review of Cell and Developmental Biology* 16:1-18.
- Bohner, J. and F. Bangerth. 1988. Effects of fruit set sequence and defoliation on cell number, cell size, and hormone level on tomato fruit within a truss. *Plant Growth Regulation.* 7:141-155.



- Cáceres, E. 1984. Producción de hortalizas. Instituto de cooperación para la agricultura de Costa Rica. pp 387.
- Camacho-Ferre, F. 2010. La nutrición de la planta en el semillero. Diplomado Internacional en Agricultura Protegida. Cátedra de Cajamar de economía y alimentación. Organizadores: Universidad de Almería e INTAGRI.
- Carreiras-Albo, W 1998. Efectos del repicado y la aplicación de una fitohormona sobre la precocidad de tomate de la variedad “Bruno”. Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo, La Coruña. España. Agrícola-Vergel. (no.196). pp. 174-178.
- Casas-Castro, A. 2005. Factores implicados en el desarrollo de la plántula: fertilización. Ed. I. Ma. Cuaderno-Gómez, Ma. del C. García-García y Ma. M. Fernández-Fernández. FIAPA, Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera. Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa. Asehor. pp. 137-166.
- Castellanos, R. J. y J. L., Reyes. 1982. La utilización de los estiércoles en la agricultura. Asociación civil de Ingenieros Agrónomos del Tecnológico de Monterrey, sección laguna. Torreón, Coahuila, México. pp 154.
- Castellanos, 2010. Análisis climático de los polos de desarrollo de la agricultura protegida en México. Diplomado Internacional en Agricultura Protegida. Cátedra de Cajamar de economía y alimentación. Organizadores: Universidad de Almería e INTAGRI.

- Castilla-Prados, N. 2001. Manejo del cultivo intensivo con suelo. *In* El cultivo del tomate. Ed. F. Nuez. Ediciones Mundi-Presa Cap 6. pp 189-220
- Castillo-Lucio, S. 2010. Comunicación Personal. Coordinador de Información. Corporación para el Desarrollo Agropecuario de N.L.
- Castillo-Martínez, I. de la C., R. Medina-Muñoz, E. González-Izquierdo, M. Cobas-López y M. Bonilla-Vichot. 2006. Evaluación de diferentes sustratos compuestos por cachaza como elemento principal en la producción de plantas de *Eucalyptus grandis* en contenedores. *Revista Forestal Baracoa* 25(2) 75-85.
- Chamarro-Lapuerta, J. 2001. Anatomía y fisiología de la planta. *In* El cultivo de tomate de Fernando Nuez. Cap 2. Ediciones Mundi-Prensa. pp: 43-87.
- Checa, J. L. 1996. Las hormonas vegetales. Artículo de divulgación. España. pp 1- 14.
- Cremades-Martínez, M. 2005. Factores implicados en el desarrollo de la plántula: sustratos. En dirección técnica de semilleros hortícolas. Ed. I. Ma. Cuaderno-Gómez, Ma. del C. García-García y Ma. M. Fernández-Fernández. FIAPA, Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera. Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa. Asehor.
- Dabski, M. and M. Parzymies. 2004. The effect of Auxins: IAA, IBA and NAA rooting of *Hebe buchananii* (Hook) and *Hebe canterburiensis* (J.B.ARMSTR) “postrata” in vitro. *Acta Sci. Pol., Hortorum Cultus* 6 (1): 9-14.
- Díaz, D. H. 2002. Fisiología de Árboles Frutales. AG Editor, México. 390 p.

- Díaz-Montenegro D. 2007. Uso de biorreguladores en el cultivo de hortalizas bajo invernadero. México. Laboratorio AGROENZYMAS. pp 1–6.
- Del Pino. P. R.G., Vega A. D y F. M. Villarruel. 2001. XIV reunión científica tecnológica forestal y agropecuaria. Veracruz. México.
- Enríquez del Valle, J. R., G. Carrillo-Castañeda, P. Sánchez-García, M. N. Rodríguez-Mendoza, M. C. Mendoza-Castillo. 2000. Fertilización para la óptima adaptación y vigor de plántulas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) obtenidos in vitro. *Revisita Fitotecnia Mexicana*. 23(1):59-67.
- Geiger, D. R. and J.C. Servaites. 1994. Diurnal regulation of photosynthetic carbon metabolism in  $c_3$  plants. *Ann. Rev. Plant. Physiol. Plant. Mol. Biol.* 45: 235 256.
- Guarente, L., G. Ruvkun and R. Amasino. 1997. Aging, lifespan and senescent. *Proceedings Nacional Academy Science* 95:11034-11036.
- INEGI. 1988. Síntesis geográfica del estado de Nuevo León. Secretaría de programación y presupuesto. México, D.F.
- Jankiewicz, L. S. 2003. Reguladores del crecimiento, desarrollo y resistencia en plantas: propiedades y acción. Ed. Mundiprensa, España. 487 p.
- Keleher, S. 1996. GUANO: Un regalo de los murciélagos a las plantas. *Bats Magazine* 14 (1): 15-17.
- Kim, S, H. Okubo, and K. Fujieda. 1992. Endogenous levels of IAA in relation to parthenocarpy in cucumber. *Scientia Horticulture* 52:1-8.

- Kojima, K. 2004. Fitohormonas endógenas del tomate. Distribución y transporte de auxina en la raíz, tallo y hojas. *Agriculture and Horticulture*. Vol. 79; No. 6; pps. 672-676.
- León-Gallegos, H. M. 2006. Manual para el cultivo de tomate en invernadero. 2da. Edición.
- Magdaleno-Villar, J.J., A. Peña-Lomelí, R. Castro-Brindis, A. M. Castillo-González., F. Ramírez-Pérez., A. Galvis-Spinola. y B. Hernández-Hernández. 2006. Efecto de soluciones nutritivas sobre el desarrollo de plántulas de tomate de cáscara (*Physalisixocarpa* brot.) *Revista Chapingo. Serie Horticultura*, 12(2): 223-229.
- Marquez-Hernandez, C., Cano-Rios, P., Chew, M., Moreno-Resendez, A. y N. Rodríguez-Dimas. 2006. Sustratos en la producción orgânica de tomate cherry bajo invernadero. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 12(2):183-188.
- Marta-Vicente, A. 2005. Evaluación de tres variedades de tomate (*Lycopersicum esculentum*, Mill) bajo invernadero en la Ex-hacienda "El Canadá" Escobedo, N. L. Tesis de Licenciatura. Facultad de Agronomía de la UANL.
- Olivares Sáenz, E. y J. Benavides. 2008. Un modelo de agricultura protegida para pequeños productores de Nuevo León. La revolución verde llegó al sur de Nuevo León. *Revista Gubernamental Ciencia, Conocimiento y Tecnología* #81. Editorial Milenio.

- Olivares, E., N. E. García, J. Martínez, M. Molina. 2009. Producción de Tomate en Invernadero. Curso Teórico-Práctico. Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Paz-Despaigne, F. 2005. Utilización del guano de murciélago en la producción de semilla de la cebolla multiplicadora (*Allium ascalonicum*. Lim). Agricultura Orgánica (Cuba). 1: 12-13.
- Peres, L. and G. Kerbahuy. 2000. Controle hormonal do desenvolvimento do raízes. Universa 8:181-195.
- Pérez-Barraza, M. H., V. Vázquez-Valdivia; J. A. Osuna-García; M. A. Urías-López. 2009. Incremento del amarre y tamaño de frutos partenocárpicos en mango 'Ataulfo' con reguladores de crecimiento. Revista Chapingo Serie Horticultura 15(2):183-188
- Piñón, M. y A. Casanova. 2002. Comparación de sistemas para la producción de plántulas de tomate frente al complejo moscas blancas - gemivirus. Manejo integrado de plagas. Costa Rica. # 63. pp 64-70
- Rademacher, W. 2000. Growth retardants: effects on gibberellins biosynthesis and other metabolic pathways. Annual Review Plant Physiology and Molecular Biology 51:501-531.
- Ramírez-Luna, E., C. Castillo A, E. Aceves N y E. Carrillo A. 2005. Efecto de productos con reguladores de crecimiento sobre la floración y amarre de fruto en chile 'habanero'. Revista Chapingo Serie Horticultura 11(1): 93-98.

- Ramos-Rivera, P., M. A. Rubio-Romero, G. S. Rodríguez-De la Rocha, S. M. Rodríguez-Rodríguez, V. Santana-Rodríguez y A. Quintero-Ramos. 2010. Efecto del ácido giberélico sobre la producción hidropónica del tomate variedad Gabriela. *TECNOCIENCIA Chihuahua*. 4(2):106-112.
- Rodríguez, J. L. 2002. Inducción a la floración y cuajado de frutos. *Revista Productores de Hortalizas* 24: 20-21.
- Rodríguez, R. R., Tabares R. J.M. y S. J. J. Medina. 2001. Cultivo moderno del tomate. 2ªEdición. Mundi-Prensa Libros, S.A.
- Rojas-Garcidueñas, M., y H. Ramírez. 1991. Control hormonal del desarrollo de las plantas. Editorial Limusa.
- Rojas, L. P. 2003. Manejo básico de tomate orgánico en invernadero en la región de Coquimbo. *Tierra adentro* #48.
- Salisbury, F. B y C. W. Ross. 1992. Fisiología vegetal. Hormonas y Reguladores del crecimiento. USA. Grupo Editorial Iberoamérica. pp 395-451.
- Samaniego-Cruz, E., Quezada-Martín, M., De la Rosa-Ibarra, M., Munguía-López, J., Benavides-Mendoza, A. y L. Ibarra-Jiménez. 2002. Producción de plántulas de tomate y pimiento con cubiertas de polietileno reflejante para disminuir la temperatura en invernadero. *Agrociencia*, 36 (3): 305 – 318.
- Schiefeldbein, J. and P. Benfey. 1991. The development of plant roots: new approaches to underground problems. *The Plant Cell* 3:1147-1154.

- Smith, H. 1995. Physiological and ecological function within the phytochrome family. *Ann. Rev. Plant. Physiol. Plant Mol. Biol.* 46: 289 – 315.
- Srivastava, L. M. 2001. Structure and Metabolism of plants hormones. Plant growth and Development. Hormones and Environment. U.S.A. Editorial Academic Press. Section II, Cap 5-11.
- Thimann, K. V. 1938. Hormones and the analysis of grow. Plant physiology. American Society of Plant Biologist. Harvard Biological Laboratories, Cambridge, Massachusetts. 13 (3): 437 – 449.
- Tijeras-Ramírez, J. I. 2005. Siembra germinación y crianza de plántulas hortícolas. Ed. I. Ma. Cuaderno-Gómez, Ma. del C. García-García y Ma. M. Fernández-Fernández. FIAPA, Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera. Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa. Asehor. Pp. 167-188.
- Tognoni, F. 2000. Temperatura y Radiación. In *Memoriam: Curso Internacional de ingeniería, manejo y operación de invernaderos para la producción intensiva de hortalizas*. Instituto Nacional de capacitación para la actividad agrícola (INCAPA). Guadalajara, Jal. México. Pp. 12 – 27.
- Tüzel, Y., Yagmur B. and Gümüş M. 2003. Organic tomato production under greenhouse conditions. Ege Univ. Fac of Agric. Dept of Horticulture and Soil Science & Plant Protection, İzmir/Turkey.
- Urrestarazu, G. M. 2004. Tratado de cultivo sin suelo. 3ª Edición. Ediciones Mundi-Prensa. España.

- Villa, C. M. M., V. E. Catalán, I. M. Inzunza y L. A. Román. 2005. Manejo de la fertilización en plántulas de tomate para trasplante. *Agrofaz*. 5(3): 1-4.
- Villegas, C. A. 1988. *Biología. Hormonas vegetales*. México. Mc. Graw - Hill. 4<sup>a</sup> edición. pp. 207-212.
- Villegas-Torres, O. G., P. Sánchez-García, G. A. Baca-Castillo, M. N. Rodríguez-Mendoza, C. Trejo, M. Sandoval. Villa y E. Cárdenas-Soriano. 2005. Crecimiento y estado nutrimental de plántulas de tomate en soluciones nutritivas con diferente concentración de calcio y potencial osmótico. *TERRA Latinoamericana*. 23(1):49-56.
- Weaver, R. 1974. *Reguladores del crecimiento de las plantas en la agricultura*. Editorial Trillas, México.
- Weyers, J. and N. Paterson. 2001. Plant hormones and the control of physiological processes. *New Phytologist* 152:375-407.
- Woodward, A. and B. Bartel. 2005. Auxin: regulation, action and interaction. *Annals of Botany* 95:707-735.
- Zavaleta-Beckler, P., L. J. Olivares-Orozco, D. Montiel-Salero, A. Chimal-Hernández y L. Scheinvar. 2001. Fertilización orgánica en xoconostle (*Opuntia joconostle* and *O. matudae*). *Agrociencia*. 35(6):609 – 614.
- Zepeda, M., Hernandez, A., Vidal-Lezama, E., Holguin, R. and D. H. Díaz. 2006. Effects of the application of cytokinin bioregulators on inflorescence development of table grapes. *Act. hort.* 727:295-298



## APÉNDICE

Cuadro A1. Análisis de varianza para la altura 1 en el Experimento 1.

FV	SC	GL	CM	F	Sig.
Tratamientos	842.908	6	140.485	35.026	.000
Error	352.958	88	4.011		
Total	1195.866	94			

Cuadro A2. Análisis de varianza para la altura 2 en el Experimento 1.

FV	SC	GL	CM	F	Sig.
Tratamientos	1511.943	6	251.991	54.866	.000
Error	404.167	88	4.593		
Total	1916.110	94			

Cuadro A3. Análisis de varianza para el diámetro de tallo 1 en el Experimento 1.

FV	SC	GL	CM	F	Sig.
Tratamientos	.086	6	.014	8.597	.000
Error	.146	88	.002		
Total	.232	94			

Cuadro A4. Análisis de varianza para el diámetro de tallo 2 en el Experimento 1.

FV	SC	GL	CM	F	Sig.
Tratamientos	.206	6	.034	25.014	.000
Error	.121	88	.001		
Total	.327	94			

Cuadro A5. Análisis de varianza para el largo de folíolo en el Experimento 1.

FV	SC	GL	CM	F	Sig.
Tratamientos	19.975	6	3.329	14.564	.000
Error	20.117	88	.229		
Total	40.092	94			

Cuadro A6. Análisis de varianza para el ancho de folíolo en el Experimento 1.

FV	SC	GL	CM	F	Sig.
Tratamientos	4.418	6	.736	15.907	.000
Error	4.074	88	.046		
Total	8.492	94			

Cuadro A7. Análisis de varianza para el largo de la hoja en el Experimento 1.

FV	SC	GL	CM	F	Sig.
Tratamientos	132.871	6	22.145	19.041	.000
Error	102.345	88	1.163		
Total	235.216	94			

Cuadro A8. Análisis de varianza para el peso fresco de raíz en El experimento 1.

FV	SC	GL	CM	F	Sig.
Tratamientos	3.066	6	.511	7.463	.000
Error	6.026	88	.068		
Total	9.092	94			

Cuadro A9. Análisis de varianza para peso fresco de hojas y tallo en el Experimento 1.

FV	SC	GL	CM	F	Sig.
Tratamientos	72.458	6	12.076	56.342	.000
Error	18.862	88	.214		
Total	91.320	94			

Cuadro A10. Análisis de varianza para peso seco de raíz en el Experimento 1.

FV	SC	GL	CM	F	Sig.
Tratamientos	1.017	6	.170	65.511	.000
Error	.228	88	.003		
Total	1.245	94			

Cuadro A11. Análisis de varianza para peso seco de hojas y tallo en el Experimento 1.

FV	SC	GL	CM	F	Sig.
Tratamientos	1.755	6	.293	28.541	.000
Error	.902	88	.010		
Total	2.657	94			

Cuadro A12. Análisis de varianza para el número de hojas en El experimento 1.

FV	SC	GL	CM	F	Sig.
Tratamientos	16.905	6	2.817	9.822	.000
Error	25.243	88	.287		
Total	42.147	94			

Cuadro A13. Análisis de varianza para el desarrollo vegetativo (Componente 1).

FV	SC	GL	CM	F	Sig.
Tratamientos	88.793	7	12.685	80.912	.000
Error	15.207	97	.157		
Total	104.000	104			

Cuadro A14. Análisis de varianza para el desarrollo radicular (Componente 2).

FV	SC	GL	CM	F	Sig.
Tratamientos	77.995	7	11.142	41.561	.000
Error	26.005	97	.268		
Total	104.000	104			

Cuadro A 15. Correlaciones entre las variables Altura 1 (A1), Altura 2 (A2), Diámetro 1 (D1), Diámetro 2 (D2), Largo del folíolo (LF), Ancho del folíolo (AF), Largo de la hoja (LA), Peso fresco de raíz (PFR), Peso fresco de hojas y tallo (PFH), Peso seco de raíz (PSR), Peso seco de hojas y tallo (PSH) y Número de hojas (NH).

	A 1	A 2	D 1	D 2	LF	AF	LA	PFR	PFH	PSR	PSH	NH
A 1	1	.903**	.342**	.514**	.575**	.623**	.581**	.054	.333**	-.055	.419**	.565**
A 2	.903**	1	.317**	.617**	.598**	.632**	.759**	.117	.408**	-.090	.397**	.572**
D 1	.342**	.317**	1	.476**	.353**	.331**	.239*	.004	.354**	.113	.008	.281**
D 2	.514**	.617**	.476**	1	.559**	.482**	.608**	.369**	.671**	.178	.198	.472**
LF	.575**	.598**	.353**	.559**	1	.795**	.697**	.341**	.557**	.216*	.149	.353**
AF	.623**	.632**	.331**	.482**	.795**	1	.646**	.234*	.494**	.181	.146	.379**
LA	.581**	.759**	.239*	.608**	.697**	.646**	1	.308**	.508**	.026	.217*	.452**
PFR	.054	.117	.004	.369**	.341**	.234*	.308**	1	.627**	.394**	-.017	.010
PFH	.333**	.408**	.354**	.671**	.557**	.494**	.508**	.627**	1	.599**	.182	.366**
PSR	-.055	-.090	.113	.178	.216*	.181	.026	.394**	.599**	1	-.034	-.101
PSH	.419**	.397**	.008	.198	.149	.146	.217*	-.017	.182	-.034	1	.415**
NH	.565**	.572**	.281**	.472**	.353**	.379**	.452**	.010	.366**	-.101	.415**	1

## Experimento 2

Cuadro A16. Análisis de varianza para número de frutos por planta en el Experimento 2.

FV	SC	GL	CM	F	Sig.
Tratamientos	292.037	3	97.346	4.070	.010
Error	1817.650	76	23.916		
Total	2109.687	79			

Cuadro A17. Análisis de varianza del rendimiento promedio por planta (kg) en el Experimento 2.

FV	SC	GL	CM	F	Sig.
Tratamientos	27.085	3	9.028	5.848	.001
Error	117.336	76	1.544		
Total	144.421	79			

Cuadro A18 Análisis de varianza del diámetro polar de frutos en el Experimento 2.

FV	SC	GL	CM	F	Sig.
Tratamientos	7.624	3	2.541	9.001	.000
Error	21.457	76	.282		
Total	29.081	79			

Cuadro A19. Análisis de varianza del diámetro ecuatorial de frutos en el Experimento 2.

FV	SC	GL	CM	F	Sig.
Tratamientos	12.947	3	4.316	11.500	.000
Error	28.520	76	.375		
Total	41.467	79			

Cuadro A20. Análisis de varianza de la variable generada mediante componentes principales en el Experimento 2.

FV	SC	GL	CM	F	Sig.
Tratamientos	23.428	3	7.809	10.680	.000
Error	55.572	76	.731		
Total	79.000	79			